



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



SOCIÉTÉ VAUDOISE
DES
SCIENCES NATURELLES

N° 98, publié en novembre 1888. Prix 3 fr. —
N° 99, » en juin 1889 » 4 fr. 50

Prix du volume XXIV
7 fr. 50

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ VAUDOISE
DES
SCIENCES NATURELLES

publié sous la direction du Bureau

PAR

FELIX ROUX

3^e S. — Volume XXIV

Ce volume contient les Bulletins Nos 98 et 99
publiés en 1888 et 1889.

LAUSANNE
LIBRAIRIE F. ROUGE, RUE HALDIMAND.

—
1889

Soc. Reg. Lond.

EBI

Lausanne. — Imp. CORBAZ & Comp.

STANFORD UNIVERSITY
LIBRARIES

DEC 27 1983

TABLE DES MÉMOIRES

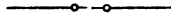
DU VOLUME XXIV

	Pages
F.-A. FOREL. — La capacité du lac Léman	1
H. BLANC. — <i>Tenia saginata</i> et <i>Bothriocephalus latus</i> avec anneaux perforés (Pl. I)	9
E. GUILLEMIN. — Hypothèse sur l'origine des comètes.	17
J.-B. SCHNETZLER. — Sur la résistance des végétaux à des causes qui altèrent l'état normal de la vie	23
J.-B. SCHNETZLER. — Sur un cas de germination de <i>ranunculus aquatilis</i> , L.	28
Ch. DUFOUR. — Observations faites pendant l'éclipse de lune du 3 août 1887	29
A. ODIN. — Essai d'une application des principes de la mécanique à l'écoulement des glaciers (Pl. II et III)	33
F.-A. FOREL. — Observations phénologiques sur la floraison des perce-neige	64
L. GAUTHIER. — Résumé annuel des observations pluviométriques faites par les stations de la Vallée de Joux en 1887 (Pl. IV)	65
F.-A. FOREL. — Glaçons de neige tenant sur l'eau du Léman	77
Ch. DUFOUR. — Discours d'ouverture de l'assemblée générale du 15 juin 1887	80
J.-B. SCHNETZLER. — Sur le mouvement de rotation du protoplasme	83
H. DUFOUR. — Note sur une nouvelle forme d'hygromètre à condensation (Pl. V).	88
Th. DE MEURON. — Quelques mots sur les phénomènes glaciaires	93
H. AMSTEIN. — Fonctions abéliennes du genre 3 (Pl. VI à X)	99
S. CHAVANNES. — L'éboulement du Tauredunum	173
H. DUFOUR et D. VALET. — Observations météorologiques pour l'année 1887 (Pl. XI et 12 tableaux mensuels)	179
Ch. DUFOUR. — La trombe du 19 août 1887 sur le lac Léman	212
H. BLANC. — Discours d'ouverture de la séance du 20 juin 1888, à Payerne	217
L. PELET. — Résumé des comptes pour 1887	223
Rapport de la commission de vérification des comptes à l'assemblée générale	224

TABLE DES MATIÈRES DU VOLUME XXIV

(Bulletins n^{os} 98 et 99.)

Les chiffres romains se rapportent aux pages des procès-verbaux.



A. AFFAIRES ADMINISTRATIVES

(Voir aux procès-verbaux.)



Assemblées générales. — P. vii et xxvi.

Bibliothèque. — Don de brochures, de M. F.-A. Forel, p. ix. — Don de M. E. Renevier, p. xxiii.

Bulletin. — Publication des procès-verbaux, p. viii et xvii.

Bureau. — Nomination annuelle, p. vii. — Rapport du président, p. 217.

Caisse. — Projet de budget pour 1888, p. vii. — Concordat Dutoit, p. viii. — Rapport du caissier, p. 223.

Commissions. — Commission de vérification des comptes, p. vii, xxiv et xxvi. — Commission des finances, p. viii. — Rapport de la commission de vérification des comptes, p. 224.

Décès. — a) MEMBRES HONORAIRES : MM. de Bary, Planchon et Hayden.

b) MEMBRES EFFECTIFS : MM. J. Marguet, professeur, p. xv.

Démissions. — MM. P. Marguerat, p. vi; — J. Rouillard, p. vii; — Hirzel et Addor, p. ix; — Dr Berney, p. xi; — Ch. Bertholet, p. xiii.

Membres admis. — a) MEMBRES HONORAIRES : MM. Risler, Paul de Gasparin et Coaz, p. xxvi.

b) MEMBRES EFFECTIFS : MM. L. Gauthier, p. v; — Paul Mayor, p. vi; — Ganty-Berney, p. xxiv; — Chuard, préfet; Neiss, Dr; Baud et Champion, à Payerne, p. xxvi; Pfister, Champion, pharmacien; Joly et Gueissaz, p. xxix.

Faits divers. — Admission des étudiants, p. viii et xi. — Heures des séances, p. xi. — Invitation au 4^e congrès géologique international, p. xiii. — Délégués à la réunion de la Société helvétique, à Soleure, p. xxvi.



B. TRAVAUX SCIENTIFIQUES

Les communications faisant l'objet d'un mémoire sont marquées d'un (*), et la page est indiquée en chiffres arabes. Les chiffres romains se rapportent aux procès-verbaux.

Mathématiques, Astronomie.

- (*) Origine des comètes, Guillemin, p. 17.
- (*) Éclipse de lune du 3 août 1887, Ch. Dufour, p. 29.
- Carrés magiques et leurs formules, P. Mayor, p. xi.
- Focal absolument, Rapin, p. xii.
- Photographies d'une éclipse de lune, H. Dufour, p. xiv.
- (*) Les fonctions abéliennes du genre 3, H. Amstein, p. 99.

Météorologie, Physique du globe.

- Température de la glace du glacier d'Arolla, F.-A. Forel, p. ii.
- Couleur des eaux des lacs, F.-A. Forel, p. viii.
- Observations pluviométriques à Morges, en 1887, Ch. Dufour, p. ix.
- Tremblement de terre du 19 décembre 1887, F.-A. Forel, p. x.
- (*) Observations météorologiques du Champ-de-l'Air pour 1887, H. Dufour et D. Valet, p. 179.
- Tremblements de terre de 1884-1886, F.-A. Forel, p. xi.
- Températures exceptionnelles à la vallée de Joux, à fin janvier 1888, Gauthier, p. xiv et xvi.
- (*) Application des principes de la mécanique à l'écoulement des glaciers, A. Odin, p. 33.
- Photographies de glaciers, F.-A. Forel, p. xv.
- (*) Glaçons de neige sur l'eau du lac, F.-A. Forel, p. 77.
- Observations météorologiques à Cossonay, Bussy, p. xx.
- (*) Observations pluviométriques en 1887, à la vallée de Joux, A. Gauthier, p. 65.
- Electromètre Excur, photographies d'éclairs, etc., H. Dufour, p. xx.
- Solidification des liquides sous pression, H. Dufour, p. xxi.
- Réfractions et mirages, F.-A. Forel, p. xxii.
- Profil du fond du lac, R. Guisan, p. xxiv.
- Couleur et lumière, comparaison entre l'Algérie et les Alpes, F.-A. Forel, p. xxv.
- (*) Trombe du 19 août 1887, Ch. Dufour, p. 212.

Physique pure et appliquée.

- Compteur d'électricité Borel et Paccaud, H. Dufour, p. ii.
- (*) Nouvel hygromètre à condensation, H. Dufour, p. 88 et p. xix.
- Interrupteurs électriques, E. Lecoultré, p. vii et xv et vol. XXIII.
- Spectroscope nouveau, H. Dufour, p. xiv.
- Pistolet pour l'inflammation des mèches, Guillemin, p. xxiii.
- Hygromètre enregistreur, H. Dufour, p. xxvii.
- Phénomènes de dispersion chromatique dans l'eau, F.-A. Forel, p. xxviii.

Géologie, Minéralogie, Paléontologie.

- Mâchoire de didelphe des couches rhétiennes, Lugeon, p. V.
- Ossements de marmottes trouvés à Montoie, S. Chavannes, p. x.
- Charbon trouvé dans la moraine de Penthalaz, S. Chavannes, p. xi.
- Représentation des oscillations du sol pendant les périodes géologiques, Renevier, p. xiii.

- Structure des Dents-du-Midi, Schardt, p. xv.
 Gisements fossilifères nouveaux, Schardt, p. xvi.
 Mâchoire de *Pycnodus*, Schardt, p. xvi.
 Lignites intra-glaciaires, S. Chavannes, p. xvii.
 (*) Blocs erratiques, de Meuron, p. 93.
 Course dans les Alpes maritimes, Renevier, p. xx.
 Fac-similés et fossiles divers, empreintes de palmiers, etc., Renevier, p. xxi.
Cistudo Portisi, Gollietz, p. xxv.
 Terrains crétaciques moyens de la vallée de Joux, Gollietz, p. xxv.
 Gisements quaternaires avec coquilles terrestres et d'eau douce. Schardt, p. xxix.

Chimie.

- Elimination du cuivre des vins sulfatés, E. Chuard, p. v.
 Echantillons métallurgiques de cuivre, W. Robert, p. v.
 Nouvel hydrate de chlorure de cuivre, E. Chuard, p. xiv.
 Les Dichroïnes, Brunner, p. xxvii.

Zoologie, Anatomie, Physiologie.

- Protoplasme des cellules interstitielles de l'ovaire, N. Lœwenthal, p. i.
 Observations sur la fatigue des nerfs, A. Herzen, p. ii.
 (*) *Tænia*s et *Bothriocéphales* fenêtrés, H. Blanc, p. 9.
 Présence de chauves-souris sur le lac, en décembre 1887, F.-A. Forel, p. x.
 Tache germinative des ovules primordiaux, N. Lœwenthal, p. xvi.
 Mouvements fonctionnels du cœur, Herzen, p. xvii.
Encystus fuscicollis, Bugnion, p. xix.
Tænia elliptica, Bieler, p. xix.
Gordius aquaticus, F.-A. Forel, p. xxviii.
 Calcaire perforé par *helix aspersa*, F.-A. Forel, p. xxx.
 Perfectionnement du filet de Müller, F.-A. Forel, p. xxx.

Botanique, Agriculture, Sylviculture.

- Euphrase nouvelle, *Euphrasia Christii*, Favrat, p. ii.
 Emploi des lies de vin pour le collage, Guillemin, p. vi.
 Blackrot et Coïtre, J. Dufour, p. vi.
 Tubercules obtenus d'un *Stachys* du Japon, Bieler, p. x.
 Noyers d'Amérique, P. Mayor, p. xvii.
 Hibernation du puceron lanigère, J. Dufour, p. xviii.
 (*) Résistance des végétaux aux conditions anormales de vie, J.-B. Schnetzler, p. 23.
 (*) Germination de *Ranunculus aquatilis*, J.-B. Schnetzler, p. 28.
 Emploi du nickel pour robinetterie, Guillemin, p. xxi.
 Influence du sulfatage sur les vins, J. Dufour et Chaard, p. xxii.
 Coco de mer, R. Guisan, p. xxiii.
Eremurus robustus, présentation d'un exemplaire, J.-B. Schnetzler, p. xxiv.
 (*) Mouvement rotatoire du protoplasma, J.-B. Schnetzler, p. 83.
 Situation phylloxérique du vignoble de Zurich, J. Dufour, p. xxviii.
 Pyrale de la vigne, J. Dufour, p. xxviii.
 Troisième cotylédon des *Opuntia*, Piccard, p. xxix.
 Photographie d'un palmier à six têtes, F.-A. Forel, p. xxx.

TABLE DES AUTEURS

- AMSTEIN, H.**
 (*) Les fonctions abéliennes du genre 3, p. 99.
- BEILER.**
 Div. tubercules de *Stachys*, p. x.
Tania elliptica, p. xix.
- BLANC, H.**
 (*) *Tænia*s et *Bothriocéphales* fénêtrés, p. 9.
- BRUNNER.**
 Les *Dichroïnes*, p. xxvi.
- BENJON, E.**
Encystus fuscicollis, p. xix.
- BUSBY.**
 Observat. météorologiques, p. xx.
- CHAVANNES, S.**
 (*) Eboulement du Tauredunum, p. 173.
 Ossements de marmottes, p. x.
 Charbon de la moraine de Pen-thalaz, p. xi.
 Lignites intra-glaciaires, p. xvii.
- CHUARD, E.**
 Elimination du cuivre des vins sulfatés, p. v.
 Nouvel hydrate de chlorure de cuivre, p. xiv.
 Influence du sulfatage sur le vin, p. xxii.
- DUFOUR, Ch.**
 (*) Eclipse de lune du 3 août 1887, p. 29.
 Observat. pluviométriques, p. ix.
 (*) La trombe du 19 août 1887, p. 212.
- DUFOUR, H.**
 Compteur Borel et Paccaud, p. ii.
 (*) Hygromètre à condensation, p. 88 et xix.
 (*) Observations météorologiques en 1887, p. 179.
 Photographies d'éclipse de lune, p. xiv.
 Spectroscope nouveau, p. xiv.
 Electromètre Excur, p. xx.
 Solidification des liquides sous pression, p. xxi.
 Hygromètre enregistreur, p. xxvii.
- DUFOUR, J.**
 Cottre et Blackrot, p. vi.
 Hibernation du puceron lanigère, p. xviii.
 Influence du sulfatage sur le vin, p. xxii.
 Situation phylloxérique du vignoble de Zurich, p. xxviii.
 Pyrale de la vigne, p. xxviii.
- FAVRAT, Louis.**
Euphrasia Christii, p. ii.
- FOREL, F.-A.**
 (*) La capacité du Léman, p. 1.
 (*) Observat. phénologiques sur la floraison des perce-neige, p. 64.
 Température de la glace de la grotte d'Arolla, p. ii.
 Couleur des eaux des lacs, p. viii.
 Tremblements de terre, p. x et xi.
 Chauves-souris volant en décembre, p. x.
 Photographies de glaciers, p. xv.
 (*) Glaçons de neige sur l'eau du Léman, p. 77.
 Réfractions et mirages, p. xxii.
 Lumière et couleur dans les Alpes et en Algérie, p. xxv.
 Dispersion chromatique de l'eau, p. xxviii.
 Capture d'un nouvel exemplaire de *Gordius aquaticus*, p. xxviii.
 Calcaire perforé par *helix aspersa*, p. xxx.
 Photographie d'un palmier à six têtes, p. xxx.
 Perfectionnement du filet Muller, p. xxx.
- GAUTHIER.**
 (*) Observat. pluviométrique, p. 65.
- GOLLIEZ.**
Cistudo Portisi, p. xxv.
 Terrains crétaciques moyens du Val de Joux, p. xxv.
- GUILLEMEN, ing.**
 Emploi des lies au collage des vins, p. vi.
 Emploi du nickel pour robinets, p. xxi.

- Pistolet pour l'inflammation des
mèches, p. xxii.
(*) Origine des comètes, p. 17.
- GUISAN, R.
Coco de mer, p. xxiii.
Profil du fond du Léman, Ouchy-
Evian, p. xxiv.
- HERZEN, A.
La fatigue des nerfs, p. ii.
Mouvement fonctionnels du cœur,
p. xvii.
- LECOULTRE, E.
Interrupteurs électr., p. vii et xv.
- LÆWENTHAL, N.
Protoplasme des cellules intersti-
tielles de l'ovaire, p. i.
Tache germinative des ovules pri-
mordiaux, p. xvi.
- LUGEON, M.
Mâchoire de didelphe, p. v.
- MAYOR, P.
Carrés magiques, p. xi.
Noyers d'Amérique, p. xvii.
Roches striées, p. xxiv.
- MEURON DE.
(*) Quelques mots sur les phéno-
mènes glaciaires, p. 93.
- ODIN.
(*) Ecoulement des glaciers, p. 33.
- PICCARD, Eug.
Troisième cotylédon d'opuntia,
p. xxix.
- RAPIN.
Focal absolument, p. xii.
- ROBERT, W.
Cuivre, échantillons métallurgi-
ques, p. v.
- RENEVIER.
Oscillations du sol des Alpes aux
périodes géologiques, p. xiii.
Course dans les Alpes maritimes,
p. xx.
Fac-similés et fossiles divers,
p. xxi.
Empreintes de palmiers, p. xxi.
- SCHARDT.
Structure des Dents-du-Midi,
p. xv.
Nouveaux gisements fossilifères,
p. xvi.
Mâchoire de Pycnodus, p. xvi.
Terrains quaternaires avec coquil-
les terrestres et d'eau douce,
p. xxix.
- SCHNETZLER, J.-B.
(*) Résistance des végétaux aux
causes qui altèrent l'état nor-
mal de la vie, p. 23.
Eremurus robustus, Regel, p. xxiv.
(*) Germination de *ranunculus*
aquatilis, p. 28.
(*) Mouvement du protoplasma,
p. 83.



LA CAPACITÉ DU LAC LÉMAN

par F.-A. FOREL, prof.

Plusieurs auteurs se sont occupés dernièrement de la capacité, c'est-à-dire du cube du lac, et de la quantité d'eau qu'y apporte le Rhône, son principal affluent. Les uns estiment que l'eau du Rhône du Valais y séjourne des centaines d'années avant d'arriver à l'émissaire de Genève¹⁾; les autres calculent que le Rhône du Valais emploierait de 68 à 106 ans pour remplir le lac, à supposer que celui-ci eût été vidé²⁾.

Je voudrais reprendre ce calcul sur quelques bases nouvelles et arriver à des chiffres plus rapprochés de la vérité.

On admet pour le volume du lac 90 milliards de mètres cubes; c'est un chiffre moyen des deux extrêmes, 80 à 100 milliards, que j'ai obtenus par deux procédés différents de supputation. Nous n'aurons un chiffre plus précis que le jour, trop lent à venir, où la carte hydrographique du Léman sera enfin terminée³⁾.

Pour le débit du Rhône du Valais, le correspondant de l'*Estafette* a choisi la valeur de 27 m.³ à la seconde. C'est le chiffre obtenu en février 1858 par MM. L. Dufour et F. Burnier⁴⁾. Mais ce jaugeage, exécuté à la suite d'une période prolongée de

¹⁾ Fol et Dunant. Arch. de Genève, XIII, 115. 1885.

²⁾ *Estafette* de Lausanne, 6 mars 1887.

³⁾ Pour achever le lever de cette carte, il ne restera plus à la fin de l'année 1888 que la partie des eaux vaudoises qui s'étendent de St-Sulpice à Coppet. En effet, les eaux genevoises ont été levées et publiées en 1875 par le major Ed. Pictet; les eaux françaises ont été levées en grande partie en 1887 par les ordres de M. A. Delebecque, ingénieur des ponts et chaussées de l'arrondissement de Thonon, et seront terminées dans l'été de 1888; le Haut-lac français, valaisan et vaudois, feuilles 460, 464, 465 et 467 de l'Atlas Siegfried, ont été levées en 1885 par M. J. Hörnlimann, ingénieur du bureau topographique fédéral; enfin les feuilles 438 bis et 440 ont été levées en 1873 par M. Ph. Gosset, du même bureau, publiées en première édition en 1874 et revisées en 1886 par M. J. Hörnlimann. L'ouvrage est bien avancé; pourquoi ne pas le terminer?

⁴⁾ Bull. S. V. S. N., VI, 6. Lausanne, 1861.

grande sécheresse, ne donne qu'une valeur minimale et non la moyenne de l'année.

Voici quelques autres estimations sur lesquelles je me fonderai.

M. l'ingénieur R. Lauterburg, de Berne, dans ses études sur le débit des fleuves suisses ¹⁾, évalue comme suit le débit par seconde du Rhône du Valais :

Débit moyen annuel.	199 m ³
» » de l'hiver.	58 »
» » de l'été	737 »
» exceptionnel en temps d'inondation	1692 »

Ce dernier chiffre est probablement trop élevé ; la plus forte crue connue du lac, celle du 24 mai 1878, m'a donné pour le débit total de tous les affluents du lac une valeur de 1475 m³ à la seconde ²⁾.

Dans un travail précédent ³⁾, j'ai donné les éléments d'un calcul basé sur une formule de M. l'ingénieur A. Bürkli-Ziegler, de Zurich, qui m'a permis de calculer le débit du Rhône d'après la hauteur des eaux du fleuve, mesurées à la Porte du Scex et au pont de Collombey. J'ai fait ce calcul pour les années 1879 et 1886 et je suis arrivé pour le débit moyen annuel aux chiffres de 200 m³ à la seconde pour 1879, de 142 m³ pour 1886. La valeur du débit de 1879 est plus sûre que celle de 1886, la première de ces dates étant plus rapprochée de l'époque où ont été faits les jaugeages servant de base à la formule de M. Bürkli. En revanche, l'année 1879 était une année exceptionnelle par les eaux très hautes de l'été. La hauteur moyenne du lac a été, en 1879, de 427 mm. au-dessus de la moyenne annuelle des soixante années antérieures ; le maximum de l'été a dépassé de 504 mm. la moyenne des maximums des soixante-quinze années précédentes.

Les observations faites à Genève en 1874 par les soins du Bureau vaudois des Ponts et Chaussées m'ont fourni les éléments d'un autre calcul. Une dizaine d'échelles limnimétriques et flu-

¹⁾ R. Lauterburg. Versuch zur Aufstellung der schw. Stromabflussmengen, p. 65. Bern, 1876.

²⁾ F.-A. Forel. Limnimétrie du Léman, IV^e série. Bull. S. V. S. N. XVI, 641. Lausanne, 1879.

³⁾ F.-A. Forel. Le ravin sous-lacustre du Rhône. Bull. S. V. S. N. XXIII, p. 90. Lausanne, 1887.

viométriques avaient été établies dans le port de Genève et dans le Rhône, et un employé y faisait chaque jour la lecture de la hauteur de l'eau. J'ai dépouillé les hauteurs journalières de l'année 1874 et j'en ai tiré les moyennes mensuelles. J'ai choisi celles du limnimètre Q, situé à la Coulouvrenière, parce que cette localité est au-dessous du pont de la Machine et parce que c'était le lieu des jaugeages opérés par MM. Pestalozzi et Légler.

J'avais donc la hauteur moyenne mensuelle du Rhône à la Coulouvrenière; les jaugeages des experts vaudois me permettaient d'en déduire le débit moyen du fleuve pour cette hauteur de l'eau, et par suite de calculer le débit total du fleuve pendant chaque mois. Une addition me donnait le débit total du fleuve pendant l'année entière. Cette quantité d'eau qui s'est écoulée sous les ponts de Genève en 1874 a été de 6 940 512 mille m³.

Or le lac était, au 1^{er} janvier 1874, à la cote 1.080 m. du limnimètre; au 31 décembre, il était à 1.245 m. Son niveau était donc de 165 mm. plus élevé à la fin de l'année qu'au commencement, c'est-à-dire qu'il était entré plus d'eau qu'il n'en était sorti.

La superficie totale du lac étant de 578 km², une couche de 165 mm. sur le lac représente un volume de 95 370 mille m³.

Si j'ajoute ce chiffre à la quantité d'eau écoulée par le Rhône de Genève pendant l'année, j'aurai donc la quantité d'eau apportée dans le lac par les affluents divers. Cela me donne un total d'entrée de 7 035 882 mille m³ ou un débit moyen d'entrée de 223 m³ par seconde.

Si l'on déduit de ce chiffre environ 25 m³ par seconde pour l'eau entrée directement dans le lac par les affluents autres que le Rhône, par la pluie et la condensation à la surface de l'eau, on voit que le débit moyen du Rhône a dû être de quelque peu inférieur à 200 m³ à la seconde.

Qu'a été l'état hygrométrique de cette année 1874? Si je me reporte aux observations météorologiques de Genève, je vois que, par rapport à la normale, la température moyenne de l'année a été + 0.13°

la température moyenne de l'été + 0.65°

l'humidité absolue de l'année — 0.15 mm.

» de l'été + 0.30 mm.

la haut. d'eau météorique de l'année — 254 mm.

» de l'été + 3 mm.

La hauteur moyenne du lac a été en 1874 de .	1.428 m.
tandis que la normale de 1851-1875 était . . .	1.468 m.
» 1818-1880 » . . .	1.349 m.

Cette année 1874 doit être considérée comme étant à peu près une année normale, plutôt un peu au-dessus de la moyenne, pour ce qui regarde le débit des affluents du lac.

De ces différents calculs, j'arrive à conclure que le débit moyen du Rhône du Valais doit être probablement entre 180 et 200 m³ à la seconde.

Suivant que nous adoptons l'un ou l'autre chiffre, nous trouverons que le volume total du lac serait rempli par le Rhône, coulant seul, en 16 ou 14 années.

Il y a loin de cela aux centaines d'années que réclame le préjugé auquel j'ai fait allusion.

Est-ce à dire que toute l'eau du Rhône traverse le lac en une quinzaine d'années ? que certaines parties de cette eau n'y séjournent pas plus longtemps ? Non, certainement non. Suivant les hasards des vents et des courants, certaines parties de l'eau apportée aujourd'hui par le Rhône arriveront fort vite à Genève et pourront ressortir du lac dans deux ans, dans un an, peut-être même plus tôt ; d'autres parties, immobilisées dans les grands fonds du lac ou saisies par des remous, peuvent, au contraire, y séjourner presque indéfiniment. Le chiffre de 14 à 16 ans représente la moyenne du temps que l'eau du Rhône séjourne dans le lac Léman.

Le Rhône apporte constamment dans le Léman sa charge d'alluvion en suspension, qui se dépose au fond du lac et tend à le combler.

En combien d'années le lac Léman sera-t-il comblé ? Cette question intéresse la géologie. Si l'on pouvait lui donner une réponse, on y trouverait une notion sur l'activité des phénomènes d'alluvion.

Sans espérer une solution complète et précise, je crois cependant avoir les éléments d'une réponse provisoire en me basant sur les données que je possède pour l'année 1886.

Ainsi que je l'ai exposé dans mon étude sur le Ravin sous-lacustre du Rhône¹⁾, j'ai calculé le débit du Rhône du Valais pour les 12 mois de l'année 1886.

¹⁾ Loc. cit., p. 91.

D'autre part j'ai, par les analyses partielles de M. B. Buenzod, la charge en alluvion impalpable de 15 échantillons d'eau puisés à des époques diverses de la même année par M. le chanoine Besse, de St-Maurice. En rapportant cette teneur en alluvion à la hauteur du fleuve aux jours de la prise d'eau, j'ai reconnu que la charge varie notablement suivant que le fleuve est en crue ou en décrue. J'ai corrigé par la méthode graphique les irrégularités expérimentales et j'ai dressé le tableau suivant donnant la charge d'alluvion en grammes par mètre cube, pour les différents débits du fleuve, soit en crue, soit en décrue :

Débit du Rhône. m ³ par seconde.	Charge d'alluvion (grammes par m ³).	
	En crue.	En décrue.
40	80	40
80	550	200
120	950	400
160	1250	630
200	1530	810
240	1740	990
280	1940	1160
320	2100	—
360	2250	—

D'après ce tableau, j'établis la charge d'alluvion de l'année 1886 :

	Débit par seconde. m ³	Charge par m ³ d'eau. gr.	Charge par seconde. kgr.
Janvier . . .	47.0	120	6
Février . . .	45.2	70	3
Mars . . .	57.3	250	14
Avril . . .	79.2	550	44
Mai . . .	132.2	1050	139
Juin . . .	198.8	1530	304
Juillet . . .	381.7	2320	886
Août . . .	281.7	1180	332
Septembre . .	227.2	940	214
Octobre . . .	123.2	430	53
Novembre . .	84.3	220	19
Décembre . .	47.8	40	2

Soit en moyenne 168 kilogrammes d'alluvion transportés par seconde pendant toute l'année.

Cela représente 14 515 tonnes de transport par jour ; 5 297 mille tonnes de transport par an.

La densité de l'argile lacustre moderne du lac Léman étant 2.6¹⁾, nous calculons que 5 297 mille tonnes d'alluvion représentent 2 038 mille m³.

Le transport du Rhône dans le lac Léman aurait donc été en 1886 d'environ deux millions de mètres cubes.

Discutons la signification de ce chiffre :

1° L'année 1886 a été une année à peu près moyenne. D'après les observations de Genève et du St-Bernard, l'année (météorologique) a été :

Pour la température :

A Genève de	0.54° au-dessus de la normale ;
Au St-Bernard de . .	0.11° id.

Pour la pluie (hauteur totale de la chute d'eau) :

A Genève de	68.2 mm. au-dessus de la normale ;
Au St-Bernard de . .	210.4 id.

L'année a donc été une année chaude et humide.

Cependant le débit du Rhône a été relativement faible, 142 m³ en moyenne par seconde, tandis que l'année 1879 nous avait donné 200 m³.

De ce chef, le chiffre du transport doit être à peu près une valeur moyenne.

2° Nous n'avons tenu compte que de l'alluvion impalpable, en suspension à la surface du courant du fleuve, là où était puisée l'eau des échantillons. Il y a évidemment un transport considérable de galets, graviers et sables qui sont charriés sur le lit du fleuve et dont la valeur nous a échappé.

De ce chef, notre chiffre du transport doit être beaucoup trop faible. Il est donc un minimum.

3° Nous n'avons pas tenu compte des crues extraordinaires dues à une catastrophe, éboulement de montagne, glissement de terrains, rupture de lac temporaire, etc., qui amènent dans le lac en quelques heures des milliers et des milliers de mètres cubes d'alluvion.

L'année 1886 n'a pas présenté d'événement de ce genre.

De ce chef encore, notre chiffre du transport doit donc être un minimum.

¹⁾ D'après l'étude de M. le professeur E. Chuard.

Nous pouvons donc affirmer que le transport de l'alluvion du Rhône doit dépasser notablement, année moyenne, le volume de 2 millions de mètres cubes.

Deux millions de mètres cubes ! Nous pouvons admettre que la région profonde du Grand-lac dans laquelle se dépose cette alluvion est à peu près le tiers de la superficie totale du Léman. Attribuons-lui 200 km². Réparti sur cette superficie, le transport annuel du fleuve y déposerait une couche d'un centimètre d'épaisseur. En un siècle, le fond du lac se relèverait d'un mètre.

Deux millions de mètres cubes d'alluvion sont versés par an dans un bassin de 90 mille millions de m³ de volume. Cela signifie qu'en 45 mille ans le bassin du lac sera comblé.

Mais le chiffre de transport étant, comme nous l'avons vu, un minimum, il en résulte que ce nombre d'années est un maximum et que nous devons dire : En moins de 45 000 ans, le bassin sera comblé.

En moins de 450 siècles il se sera formé dans l'ancien bassin du Léman, dont la superficie totale était de 578 km², une couche de plus de 300 m. d'épaisseur au point le plus profond.

Dans moins de 450 siècles, la plaine du Rhône, qui commence à la cluse de St-Maurice et s'arrête actuellement à Villeneuve et le Bouveret, arrivera jusqu'à Genève, et le lac Léman n'existera plus.

Je corrige dans ces termes le résultat de calculs analogues, mais beaucoup plus incertains, qui m'avaient fait dire en 1870¹⁾ que le comblement probable du lac durerait moins de 300 mille ans.

J'arrive même à une conclusion générale plus importante. Dans mon Essai de Chronologie archéologique, j'avais montré que, depuis l'époque glaciaire, le Rhône du Valais avait comblé une partie de ce qui était au début le lac Léman, lequel commençait alors à la cluse de St-Maurice; que les alluvions du fleuve alpin d'une part avaient surélevé le fond du lac d'une quantité à nous inconnue, d'une autre part avaient diminué la superficie totale du lac d'une quantité égale à 150 kilomètres carrés, soit au cinquième environ de la superficie du lac primitif. Si le lac Léman, disais-je alors, qui mesure actuellement 578 km², doit être comblé en 300 000 ans, quelle a été la durée

¹⁾ *F.-A. Forel*. Essai de Chronologie archéologique. Bull. S. V. S. N. X, 587. Lausanne, 1870.

nécessaire pour faire le comblement de la partie qui s'étendait de Saint-Maurice à Villeneuve et Bouveret, et qui mesurait 150 km.² ? Ce n'est pas un nombre infini de siècles, ce ne sont pas des millions d'années qui se sont écoulés depuis l'époque glaciaire ; c'est par centaines de mille ans que cette durée doit se chiffrer.

La correction importante que je fais aujourd'hui à ces calculs me fait changer aussi cette conclusion, et par le même raisonnement j'arrive à énoncer l'impression que la durée du temps qui s'est écoulé depuis l'époque glaciaire jusqu'à nous doit se chiffrer par dizaines de milliers d'années seulement.



Tænia Saginata et *Bothriocephalus latus* avec anneaux perforés,

par le D^r Herri BLANC, professeur à l'Académie.

Planche I.

Les vers cestodes parasites de l'homme, *Tænia Solium*, *Tænia saginata* et *Bothriocephalus latus*, présentent parfois des monstruosités. Tantôt ce sont des anneaux doubles avec un double orifice génital ou des anneaux fusionnés, tantôt ce sont des anneaux avec crêtes ou encore des anneaux perforés.

D'après les notices bibliographiques que donnent à ce sujet Leuckart ¹, Davaine ², Blanchard ³, les Bothriocéphales perforés seraient assez fréquents; au contraire, les Ténias présentant cette même anomalie seraient beaucoup plus rares. En effet, c'est en 1780 qu'un médecin exerçant à Toulouse, Masars de Cazèles ⁴, décrit et figure pour la première fois un Ténia perforé qu'il appelle du nom de *Ténia percé à jour*, et depuis lors cette anomalie n'a été observée que sur huit ou dix de ces vers. Le dernier cas qui me soit connu est le *Tænia solium* fenêtré, présenté par Notta à la Société anatomique, qui fit l'objet d'une note publiée par Notta et Marfan ⁵ le 15 mars 1886. Dans cette note, Marfan résume aussi les cas de Ténias perforés observés et décrits, et de plus énumère, tout en les discutant, les opinions émises sur la cause de cette anomalie. Marfan, avec raison, ne croit pas qu'il s'agisse d'espèces particulières de Ténia comme le pensait Masars de Cazèles, ou d'anneaux décrépits, usés, stériles, en voie de destruction, comme le soutenaient les adversaires du médecin de Toulouse. Il ne croit pas non plus que les anneaux

¹ R. Leuckart. *Die Parasiten des Menschen*. 2. Auflage, 1879-1886.

² Davaine. *Traité des Entozoaires*, 2^{me} édit., 1877.

³ Blanchard, R. *Traité de zoologie médicale*, II^{me} partie. Paris, 1886.

⁴ Masars de Cazèles. Sur le *Tænia* ou Ver solitaire, et plus particulièrement sur un *Tænia* percé à jour. *Journal de méd., chir., pharm.*, XXIX, p. 26, pl. VII, fig. 9.

⁵ MM. Notta et Marfan. Recherches histologiques et expérimentales sur le *Tænia solium* fenêtré. *Progrès médical*, 2^{me} série. T. III, N° 11. 13 mars 1886.

perforés soient des anneaux ayant subi une ponte excessive comme cela serait le cas, paraît-il, pour les anneaux perforés du *Bothriocéphale* large. L'examen microscopique que Marfan a fait de coupes de *Ténia solium* perforé lui permet de réfuter encore l'opinion émise que les anneaux perforés soient des anneaux rongés par un microbe intestinal. Marfan croit plutôt à la digestion des anneaux par le suc intestinal et prouve expérimentalement cette action digestive.

Il ressort des descriptions, accompagnées parfois de figures, que les auteurs ont données jusqu'ici des *Ténias* et *Bothriocéphales* perforés : 1° Que ce genre d'anomalie s'observe tantôt sur des anneaux isolés ou réunis par petits groupes, tantôt sur toute une série de proglottis formant, par leur succession, des tronçons importants du ver. 2° Que les perforations n'affectent pas toujours la même forme chez les *Ténias* et chez les *Bothriocéphales*. Les perforations des *Ténias* sont larges, s'étendent vers les bords des articles et s'arrêtent le long des deux troncs latéraux de l'appareil excréteur ; elles ressemblent à des fenêtres plus ou moins rectangulaires. Chez les *Bothriocéphales*, au contraire, les perforations s'étendent plutôt dans le sens longitudinal sous la forme de fentes plus ou moins longues. 3° Que l'on ait à faire à des anneaux perforés de *Ténias* ou de *Bothriocéphales*, dans les deux cas les perforations débudent au centre des anneaux. Cela n'est cependant pas toujours le cas. Avant de décrire les perforations que j'ai pu étudier chez les parasites de l'homme, je tiens à remercier MM. les docteurs Larguier et C. Roux, qui m'ont généreusement octroyé, le premier, un *Ténia saginata*, le second, deux *Bothriocephalus latus* qui présentaient ces anomalies ; ces deux derniers parasites faisaient partie d'une collection de 90 exemplaires évacués en une seule fois. Voir à ce sujet l'intéressante note publiée par mon ami, M. le docteur C. Roux ¹.

La figure 1 représente un fragment de *Ténia saginata* situé à 1 mètre environ du scolex (cet organe n'ayant pu être expulsé, la mesure ne peut être qu'approximative) ; la fig. 2, un fragment de *Bothriocephalus latus* situé à 80 centimètres du scolex expulsé. Ces deux fragments démontrent que les perforations ne débudent pas toujours dans le centre des anneaux comme on le

¹ Docteur Roux. Evacuation de quatre-vingt-dix *Bothriocéphales* en une seule fois. *Correspondenz-Blatt für Schweiz. Ärzte*. Jahrg. XVII (1887).

supposait et qu'elles peuvent très bien apparaître ailleurs, entre les articles, par exemple. Je reviendrai plus tard sur cette particularité qui, au premier abord, peut paraître sans importance. Les fig. 1 et 2 font voir, de plus, que les trous interannulaires ne sont pas tous de la même grosseur et de la même forme; que chez le *Tænia saginata*, les perforations, au lieu d'être rectangulaires, peuvent avoir la forme de losanges, tandis que chez le *Bothriocephalus latus*, les perforations à peu près carrées s'étendent peu à peu sur la ligne médiane et se confondent pour former une large fente, comme le montre la fig. 3.

Pour étudier la structure des anneaux perforés, j'ai dû les débiter en série de coupes après coloration *in toto*; l'examen des articles à la loupe ou au microscope ne me satisfaisant pas. La fig. 4 représente une coupe transversale faite à travers un article perforé du *Tænia saginata*. On voit que les bords de la perforation ne sont pas partout parfaitement limités; le parenchyme est éraillé dans la région interne; mais à partir de la double couche musculaire, il est complètement recouvert par la couche sous-cuticulaire, qui paraît s'être invaginée dans chaque face de l'anneau, exsudant comme partout la cuticule externe. Sur toutes les coupes d'anneaux perforés que j'ai examinées, le revêtement cuticulaire était toujours incomplet sur les bords des perforations; il s'arrêtait de chaque côté à la couche musculaire annulaire. Celle-ci doit donc constituer un véritable obstacle pour le développement et la prolifération des noyaux de la couche parenchymateuse externe. Jusqu'aux bords des trous, les divers tissus, muscles, parenchyme, formant la trame principale des articles de Ténias, ont gardé leur position et leur structure normale. Je n'ai jamais pu remarquer la moindre trace d'altération des éléments histologiques.

Quelle que soit la cause des perforations, il arrive un moment où l'érosion est rendue impuissante par la résistance que lui offre le parenchyme et elle doit cesser. C'est ce que prouve l'examen des coupes passant dans le voisinage des extrémités supérieure et inférieure des perforations. La fig. 5 représente une de ces coupes; sur l'une des faces de l'anneau perforé, les bords de la perforation sont réunis, tandis que sur l'autre face, il existe encore un orifice. Là, le parenchyme externe *p. e.* est nettement limité de chaque côté par la couche sous-cuticulaire à noyaux *c. s. c.* et par la cuticule *c.*; mais en A, où la soudure des deux bords s'est opérée, les noyaux de la couche sous-cuticulaire

sont en voie de disparition et sont presque tous résorbés. La musculature annulaire et longitudinale est interrompue par le revêtement cuticulaire.

La fig. 6 est intéressante à un double point de vue ; elle présente une coupe située un peu en arrière de la précédente. La soudure est plus complète, elle a atteint le parenchyme central, les deux bords de l'orifice sont à leur tour bien près l'un de l'autre ; mais avec cette fusion plus complète, on remarque aussi un changement dans les tissus. La couche sous-cuticulaire d'érosion, — j'appelle ainsi la couche sous-cuticulaire invaginée sur les bords des trous, — est en voie de disparaître, la résorption des éléments histologiques qui la composaient est près d'être terminée, A ; par contre, la musculature annulaire et longitudinale m, qui manquait auparavant, apparaît de nouveau. Ce sont les faisceaux de fibres longitudinales qui se forment les premiers, peut-être aux dépens d'éléments contenus dans le parenchyme cuticulaire, peut-être aussi aux dépens des fibres musculaires restées intactes aux extrémités de l'érosion ; au début, leur direction est oblique, presque dorsoventrale, puis elle devient peu à peu franchement longitudinale m, l, o. Enfin la soudure des bords de l'érosion est complète dans la coupe que représente la fig. 7. Une petite cavité A', limitée encore d'un côté par un petit reste de parenchyme sous-cuticulaire d'érosion, subsiste encore, e. Les faisceaux musculaires obliques sont maintenant longitudinaux. Sur des coupes faites en arrière de celle que je viens de décrire, la perforation n'a pas laissé de trace, *vas deferens*, *utérus*, les premières portions de l'appareil génital sont en voie normale de développement.

La soudure des bords des perforations ne s'opère pas toujours de la même façon ; elle est souvent plus régulière et se termine en même temps sur les deux faces des articles anormaux.

De ce qui précède et de l'examen des coupes faites à travers des articles où les perforations n'étaient pas complètes, il résulte que l'action érosive marche de l'extérieur à l'intérieur des anneaux ; la cuticule, le parenchyme cuticulaire sont les premiers tissus atteints.

La courte description que je viens de faire des perforations interannulaires et des dégâts causés par elles chez le *Tænia saginata* s'applique aussi aux perforations également interannulaires des deux *Bothriocephalus latus* dont j'ai pu disposer. Comme pour les anneaux perforés du *T. saginata*, les bords des

perforations sont, chez le Bothriocéphale, en partie bien limités par une cuticule nouvelle, mais qui s'arrête encore de chaque côté au parenchyme central.

Avec Marfan, je n'admets aucune action dévastatrice causée par un microorganisme, car il ne m'a pas été possible d'en découvrir, même en employant les plus forts grossissements. Il est vrai que je n'ai pu me servir de la méthode de contrôle employée par Marfan, c'est-à-dire d'une coloration par le procédé de Gram, attendu que tout mon matériel était coloré *in toto*; mais le seul fait que les éléments anatomiques n'étaient nulle part altérés, prouve suffisamment que cette hypothèse n'est pas soutenable. Celle-ci réfutée, que valent celles qui ont encore été émises sur le sujet dont il est ici question ?

Les Ténias et Bothriocéphales aux anneaux perforés ne sont pas des espèces particulières, et ni les uns ni les autres ne méritent les qualificatifs de scalariformes ou de fenêtrés qu'on leur donne encore quelquefois. Pour être conséquent, je devrais donner au *T. Saginata* et aux *B. latus* étudiés, un nom qui rappelât aussi la forme en losange ou en quadrilatère des perforations interannulaires. Je ne comprends pas l'utilité de gratifier d'un nom particulier tel Ténia ou tel Bothriocéphale, parce qu'il possède des articles percés de trous; c'est vouloir encombrer inutilement de noms nouveaux la systématique des Cestodes.

Masars de Cazèles ayant émis l'opinion que le Ténia percé à jour devait être une espèce particulière, on lui répondit qu'il avait eu devant lui un Ténia dont les articles perforés étaient vieux et usés. Marfan réfute avec raison cette seconde hypothèse en disant : « L'altération frappe des anneaux voisins de la tête et peut épargner des anneaux terminaux qui ont, sans contre-dit, l'évolution la plus complète. » Comme je l'ai déjà fait remarquer plus haut, c'est aussi dans la région antérieure de la chaîne que les trois parasites dont il est question ici présentaient des anneaux anormaux, tandis qu'en arrière, jusqu'aux extrémités, les proglottis étaient intacts.

On a cru avoir trouvé la cause provoquant les fentes que présentent parfois des séries d'anneaux de *Bothriocephalus latus* dans une ponte excessive ayant pour effet la rupture des parois de l'utérus, et Bremser¹ a essayé d'appliquer cette même cause

¹ Bremser. *Traité zoologique et physiologique sur les vers intestinaux de l'homme*. Paris, 1837.

au *Tænia saginata* percé. Marfan, réfutant cette opinion, insiste surtout sur le fait que les anneaux qu'il a pu préparer ne contenaient que des ovules peu développés. Il me suffit de rappeler encore que les perforations étant interannulaires chez le Ténia comme chez les deux Bothriocéphales que j'ai étudiés, il ne peut être question de rupture des parois de l'utérus.

Küchenmeister¹ est le premier qui ait eu l'idée d'attribuer à une action digestive les perforations chez le *Tænia saginata*. Marfan soutient cette opinion et la développe, en se basant sur une communication orale à lui faite par G. Pouchet. Pour que l'on puisse considérer l'influence d'une digestion comme la cause des perforations, il faut, dit-il, que la cuticule présente déjà une solution de continuité. Des hypothèses qu'on ne peut s'empêcher de faire pour expliquer cette solution de continuité, Marfan semble avoir choisi la moins soutenable, je dirai même la plus hasardée. La voici, du reste, telle qu'il l'expose dans la seconde partie de sa notice :

« Quant un anthelminthe réussit, c'est-à-dire quand le patient expulse la tête, c'est que le Ténia a été surpris avec sa tête non adhérente à la paroi. Pour le Ténia inerme, il semble même prouvé que la tête qui a quitté la paroi peut aller se fixer sur un anneau : comme le *Solium* est armé, quand il se fixe sur un anneau, rien de plus aisé à comprendre et à admettre qu'il pratique une légère érosion à la cuticule. Or cette érosion est suffisante pour permettre la destruction par digestion d'une partie de l'anneau. »

J'admets que la cuticule une fois détruite, une digestion s'opère ayant pour résultat une perforation, car l'examen microscopique des tissus montre, en effet, qu'il y a une dissolution opérée plutôt qu'une macération ; mais ce que je ne puis absolument pas admettre, c'est que la cuticule soit détruite au contact de la tête du ver. Le seul fait que l'érosion apparaît en même temps sur les deux faces des lignes interannulaires parle suffisamment contre cette hypothèse.

Je rappelle que les deux Bothriocéphales larges, aux anneaux troués, faisaient partie d'une collection de 90 parasites de cette même espèce évacués en une seule fois par la même personne. Ces 90 vers se trouvaient donc tous placés dans les mêmes con-

¹ Küchenmeister. *Die in und an dem Körper des lebenden Menschen vorkommenden Parasiten*. Leipzig, 1855.

tions, tous étaient soumis aux variations d'un même milieu ambiant et seulement deux d'entre eux se trouvaient avoir des anneaux perforés. On a de la peine, en présence d'un cas pareil, à se représenter un microbe intestinal n'accomplissant son travail destructeur que sur deux de ces 90 parasites ; mais il faut une certaine imagination, me semble-t-il, pour se représenter deux scolex se détachant de la muqueuse intestinale pour venir se frotter contre quelques articles, ou plutôt entre quelques articles, et provoquer ainsi une érosion de la cuticule.

Leuckart¹, discutant les opinions émises sur les causes des perforations chez le *Tænia saginata*, ne se prononce cependant pas. Voici ce qu'il pense à propos de l'hypothèse de Küchenmeister :

« Auch Küchenmeister hat schwerlich das Richtige getroffen wenn er die Durchlöcherung einfach für eine Verdauungserscheinung hält; das Aussehen des Wurmes, die Glätte und Beschaffenheit der Wundränder, die Dauer des Uebels — das Alles sind momente die mit dieser Deutung schwer sich vereinigen lassen. »

Quelle est donc la cause première des perforations ? Je l'attribue, pour ma part, à un développement irrégulier, anormal de la cuticule de quelques anneaux chez certains vers, constituant une sorte d'état pathologique, complété par une action digestive externe, mais qui disparaîtra au bout d'un certain temps et cela pendant la croissance des anneaux et de la chaîne.

Les dimensions des proglottis, la forme de l'utérus, voire même l'épaisseur de la musculature varient, on le sait, chez des individus appartenant à la même espèce, pour les anneaux d'un même ver. Je ne vois pas pourquoi l'enveloppe tégumentaire seule échapperait aux variations individuelles et devrait toujours être de même nature, avoir partout la même épaisseur. Rien ne parle contre la possibilité d'admettre que, parmi les Cestodes appartenant aux espèces *Tænia solium*, *saginata* ou à l'espèce *Bothriocephalus latus*, il ne s'en trouve pas quelques rares exemplaires dont l'enveloppe tégumentaire soit plus mince ou de nature différente sur ou entre certains anneaux, permettant ainsi au suc digestif d'opérer pendant un certain temps un travail d'érosion. Si des différences individuelles s'observent même dans la conformation de l'appareil sexuel chez les Ténias et

¹ Leuckart. S. 581.

Bothriocéphales, à plus forte raison l'enveloppe tégumenta doit en présenter, puisqu'elle est la première exposée aux variations du milieu ambiant.

Lausanne, le 30 avril 1888.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

- Fig. 1. Fragment de *Tænia saginata* avec perforations interannulaires. Gross. 2 fois.
- 2. Fragment de *Bothriocephalus latus* avec perforations interannulaires. Gross. 2 fois.
 - 3. Idem, avec perforation interannulaire et fente. Gross. 2 fois.
 - 4. Coupe de proglottis perforé de *Tænia saginata*; les bords de perforation seuls ont été dessinés; *c.* cuticule; *c. s. c.* couche sous-cuticulaire; *m.* couche musculaire. Gross. Zeiss $\frac{2}{A}$.
 - 5. Coupe passant en arrière de la précédente; *c.* cuticule; *c. s.* couche sous-cuticulaire; *p. e.* parenchyme externe; *A.* bords de la perforation soudés. Gross. Zeiss $\frac{2}{A}$.
 - 6. Idem; la soudure est plus avancée; *m. a.* musculature annulaire; *m. l. o.* musculature longitudinale oblique; *A.* bords parenchymes soudés. Gross. Zeiss $\frac{2}{A}$.
 - 7. Idem. Bords de la perforation soudés sur les deux faces; soudure presque complète du parenchyme; *A'*. cavité représentant un reste de la perforation; *c.* reste de la couche sous-cuticulaire d'érosion; *m. l.* musculature longitudinale. Grossissement Zeiss $\frac{2}{A}$.
-



Fig. 2

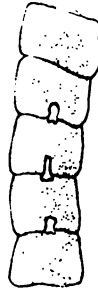


Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5

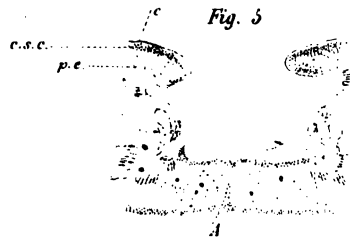


Fig. 6

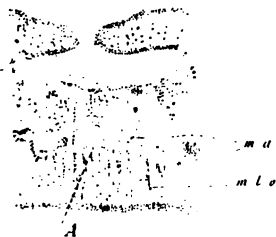


Fig. 7





HYPOTHÈSE

SUR

L'ORIGINE DES COMÈTES

PAR
Etienne GUILLEMIN,
ingénieur.

Les comètes se distinguent des planètes par leur faible masse, par leurs orbites très allongées, même paraboliques ou hyperboliques, par l'inclinaison de ces orbites, souvent très grande et s'écartant quelquefois jusqu'à 90° du plan de l'écliptique; enfin, par le sens de leur mouvement qui est direct pour les unes, rétrograde pour les autres.

En se basant sur ces différences caractéristiques, tous les astronomes sont tombés d'accord pour attribuer aux comètes, soit une origine étrangère à notre système, auquel elles auraient été fixées par l'attraction des grosses planètes, soit, dans tous les cas, un mode de formation autre que celui du système planétaire.

Lorsqu'une comète commence à être visible, elle apparaît ordinairement sous forme d'une petite nébulosité plus ou moins arrondie; mais à mesure qu'elle s'approche du soleil, elle se déforme et s'allonge: la queue, toujours opposée au soleil et dans le prolongement du rayon vecteur, se développe d'autant plus que la comète se rapproche davantage de son centre d'attraction; cette queue peut atteindre des longueurs extraordinaires, de plusieurs millions de lieues.

La comète fuse, comme dit M. Faye¹, qui attribue le phénomène à une force répulsive émanant du soleil, laquelle agirait proportionnellement à la surface des corps et non, comme la gravitation, proportionnellement à la masse.

L'ingénieuse explication de M. Faye est cependant combattue par l'un de ses collègues, M. Camille Flammarion², l'infatigable auteur de tant d'ouvrages scientifiques et populaires, qui objecte

¹ V. *Annuaire* du bureau des longitudes, 1883.

² V. *Astronomie populaire*, par Camille Flammarion.

avec raison qu'on ne conçoit pas comment de la matière pondérable peut se mouvoir avec une vitesse aussi prodigieuse.

Quelques comètes, telles que celles de 1843, 1880, 1882 et I de 1887, ont frôlé le disque solaire avec une vitesse de 300 à 500 kilomètres par seconde; cependant la queue de plusieurs d'entre elles dépassait l'orbite terrestre et suivait le mouvement, toujours dans le prolongement du rayon vecteur. La partie de la queue la plus éloignée du soleil avait donc une vitesse de 60,000 à 90,000 kilomètres par seconde, c'est-à-dire, environ un quart de celle de la lumière; c'est pourquoi M. Flammarion estime qu'il y a, là, quelque phénomène dû à de la matière impondérable.

Les opinions des deux illustres astronomes ne sont pas si opposées qu'il le semble au premier abord et me paraissent conciliables :

En effet, la force répulsive, imaginée par M. Faye pour expliquer ces curieux phénomènes cométaires, étant proportionnelle à la surface, son importance relativement à la gravitation est d'autant plus grande que la matière est plus divisée.

Les corpuscules cométaires étant supposés sphériques, la surface de chacun d'eux est en raison du carré de leur diamètre, tandis que la masse de ces mêmes corps est proportionnelle à leur volume, ou au cube de leur diamètre.

Le rapport des forces répulsive et attractive est donc le même que celui de la surface au volume, ou celui du carré au cube du diamètre.

La force répulsive étant représentée par F , la force attractive par G , le diamètre par d et a étant un coefficient, on peut poser :

$$\frac{F}{G} = a \frac{d^2}{d^3} = \frac{a}{d}$$

De cette formule, on tire la conclusion suivante :

Le rapport de la force répulsive à la force attractive est en raison inverse du diamètre des molécules soumises à l'action des dites forces.

Si les molécules deviennent très petites, la force répulsive peut l'emporter sur la gravitation; si celles-ci deviennent infiniment petites, réduites à l'état atomique, la force attractive s'annule relativement à la force répulsive.

On arrive ainsi à la notion d'une matière impondérable, soit à celle de l'éther universel, dont les parties constituantes se re-

poussent au lieu de s'attirer et qui, en conséquence, remplissent l'espace infini, comme j'ai cherché à le démontrer dans la première partie de ce travail ¹.

Etant donné deux forces : l'une attractive et proportionnelle à la masse, l'autre répulsive et proportionnelle à la surface, l'état pondérable ou impondérable de la matière s'explique dès lors d'une manière simple, par la division plus ou moins grande de ses molécules.

Sous l'influence de la chaleur solaire, les particules nébuleuses, déjà très ténues, se divisent de plus en plus et tendent à redevenir impondérables; elles se repoussent entre elles et sont repoussées au loin, en entraînant des molécules pondérables plus grosses; celles-ci sont dispersées dans l'espace et perdues pour le système solaire.

Mais l'influence de la chaleur n'est cependant pas suffisante pour expliquer complètement ces phénomènes cométaires, car la comète de Biéla, lors de son passage au périhélie, en 1846, s'est séparée en deux. Or, si les tronçons avaient été soumis à la seule action calorifique, ils se seraient peu à peu rapprochés à mesure qu'ils s'éloignaient du soleil et se refroidissaient. Au contraire, lors du retour de la comète, en 1852, les deux parties séparées s'étaient encore éloignées l'une de l'autre.

On a retrouvé cette comète le 27 novembre 1872 sous forme de pluie d'étoiles filantes.

Il est donc bien permis de supposer que le phénomène est dû, non-seulement à une action calorifique, mais encore à une force répulsive plus générale, tout aussi universelle que la gravitation elle-même.

La partie de la nébulosité cométaire, qui s'élance ordinairement en ligne droite du côté opposé au soleil, paraît présenter une certaine analogie avec la matière radiante de M. Crookes, et, selon toute probabilité, l'action électrique joue ici un rôle important, comme l'avaient déjà supposé Olbers et Herschell ².

Une comète fuse, mais les éléments de la queue, assez divisés pour devenir impondérables, s'enfuient avec la vitesse d'un courant électrique traversant des gaz raréfiés.

¹ *L'Origine des comètes* est un chapitre détaché d'un mémoire plus étendu intitulé : *Réversibilité des forces physiques*, dont le commencement a déjà été exposé à la Société vaudoise des Sciences naturelles.

² V. *Les Comètes*, par Amédée Guillemin. — *Annuaire* du bureau des longitudes, 1883.

Quoi qu'il en soit des hypothèses plus ou moins hasardées que l'on peut se permettre sur la nature des forces répulsives, ce qui paraît certain, c'est l'existence même de ces forces, exerçant une action sensible sur les parties les plus divisées et sur les moins denses de la matière.

Un autre phénomène cométaire, plus important pour nous, se présente dans le noyau ou dans son voisinage : les matériaux de la chevelure, plus denses et plus volumineux que ceux de la queue, s'éloignent aussi les uns des autres sous l'influence de la chaleur solaire et deviennent indépendants ; mais ils continuent à suivre l'orbite de la comète avec des vitesses différentes, suivant leurs distances au soleil, c'est-à-dire avec des vitesses qui dépendent de la longueur de leur rayon vecteur, absolument comme le font les planètes.

De ce fait, il résulte qu'à chacun de leurs passages au périhélie, les comètes se désagrègent et leurs éléments se dissipent le long de l'orbite en formant des essaims et même des anneaux de corpuscules que la terre peut traverser dans sa course ; l'atmosphère est alors illuminée par des pluies d'étoiles filantes et rarement, par des chutes de bolides.

Cependant, M. Flammarion fait remarquer que les bolides ont des vitesses considérables et ordinairement paraboliques. Il n'y a donc pas identité entre eux et les étoiles filantes : On peut prévoir l'apparition des étoiles filantes, mais non celle des bolides.

D'après M. Flammarion, un seul bolide a été reconnu comme présentant une orbite elliptique, c'est celui qu'on a aperçu en Angleterre, le 27 novembre 1872, le jour même de la pluie d'étoiles filantes provenant des débris de la comète de Biéla.

M. F.-A. Forel cite aussi la chute d'un aérolithe tombé à Mazapil (Mexique), le 27 novembre 1885, pendant l'apparition de l'essaim provenant de la même comète.

Reportons-nous maintenant, non pas à l'origine même du système solaire, mais après les premiers temps de sa formation.

Les planètes et le soleil étaient déjà condensés à l'état de globes incandescents et tout l'ensemble formait un groupe d'étoiles multiples.

Cependant, les parties les plus récentes, les plus divisées de la nébulosité primitive, n'avaient encore pu se condenser, repoussées qu'elles étaient, sous l'influence de la chaleur émise par le soleil et son cortège de satellites.

Le système solaire présentait donc, pour les observateurs des planètes habitables, dépendantes des astres plus ou moins voisins, plus ou moins éloignés, l'aspect d'une immense nébuleuse au sein de laquelle on apercevait quelques étoiles brillantes.

Cette période d'évolution de notre monde se manifeste encore aujourd'hui en d'autres points du ciel, et il n'est aucun possesseur de lunette, même ordinaire, qui par une belle nuit d'hiver n'ait admiré la splendide nébuleuse de l'Orion ; il est peu de personnes s'intéressant aux choses du ciel qui n'en aient vu au moins un dessin.

On aperçoit au-dessous de la ceinture de l'Orion un groupe de six étoiles, formant le système θ et entouré d'une vaste nébulosité, occupant un espace tel, qu'on la voit sous un angle de 4° à 5° d'après Secchi, angle qui correspondrait, d'après M. Flammarion, à une étendue de plus d'un trillion de lieues. Chacun peut remarquer que la nébulosité n'a guère l'apparence d'un monde en état de condensation, tel qu'on se le représente d'après l'hypothèse de Laplace et tel que devait être le système solaire à l'origine.

La nébuleuse de l'Orion présente au contraire, du moins pour la plus grande partie, toute l'apparence d'une vapeur légère repoussée au loin, exactement comme le sont les queues des comètes.

La nébuleuse de l'Orion, avec ses six étoiles, se trouve actuellement dans la même période d'évolution où se trouvait notre monde solaire, il y a quelques millions d'années.

Celui-ci était donc autrefois plongé au sein d'une vaste nébulosité phosphorescente de gaz, de poussières et de corpuscules cosmiques repoussés par la chaleur.

Une partie de la nébulosité, formée des poussières les plus ténues, fut projetée assez loin pour nous abandonner tout à fait et se perdre dans les endroits déserts, les plus froids de l'espace, où elle put se condenser peu à peu et servir de germe, de noyau élémentaire à de nouveaux mondes.

D'autres parties de la nébulosité, après un long voyage qui leur a laissé le temps de s'agglomérer plus ou moins, sont allées, précipitant leur course, tourner autour de quelques soleils éloi-

gnés, y acquérir une orbite elliptique et, pauvres voyageuses, sont dissipées peu à peu, comme le font près de nous les comètes en jetant peut-être l'épouvante chez les peuples superstitieux des autres mondes.

Enfin, la plus grande partie de la nébulosité est restée attachée à notre système solaire, a formé des comètes, beaucoup plus nombreuses alors qu'aujourd'hui et, comme les comètes actuelles, s'est dissipée en formant de vastes anneaux, bien autrement importants que ceux rencontrés et traversés de nos jours par la terre.

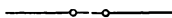
Ces traînées ou ces anneaux de corpuscules cosmiques ont disparu successivement, absorbés par les planètes et surtout par le soleil, en contribuant à l'entretien de la chaleur et à l'augmentation des masses déjà condensées.

Les mouvements des corpuscules indépendants dont les anneaux sont formés, ont nécessairement donné lieu à des chocs; ceux-ci leur ont fait perdre de la vitesse, ensorte que les anneaux se sont rétrécis peu à peu, comme l'explique M. Tait au sujet des anneaux de Saturne¹, et les corpuscules ont fini par tomber sur les centres d'attraction.

Pendant la longue série de siècles qu'il a fallu pour former ces anneaux, la terre s'est refroidie, la vapeur d'eau s'est condensée et la vie a commencé à la surface du globe.

Nous examinerons prochainement quelle a été l'influence probable exercée sur le relief du sol et sur le climat, par ces poussières, corpuscules ou nébulosités cosmiques, qui ont traversé l'orbite terrestre dès les temps anciens.

¹ V. *Conférences sur les récents progrès de la physique*, par P.-G. Tait traduit de l'anglais par M. Krouchkoll.



SUR LA RÉSISTANCE DES VÉGÉTAUX

A DES CAUSES QUI ALTÈRENT L'ÉTAT NORMAL DE LA VIE

par J.-B. SCHNETZLER

Les sources de Carlsbad, en Bohême, renferment différentes espèces d'*Oscillaria*; l'espèce la plus commune est *Oscillaria amphibia* Ag.

Cohn a trouvé cette espèce dans des eaux de Carlsbad dont la température s'élevait jusqu'à 44° R.

En 1886, j'ai trouvé dans la même localité, au mois de septembre, *O. amphibia* dans le bassin dans lequel coule l'eau du Teubad, qui a une température de 60° C. Dans l'eau du Sprudel (72° C.), on trouve les mêmes *Oscillaria*; mais celles qui sont entièrement plongées dans l'eau sont mortes.

Les ouvrages de botanique mentionnent plusieurs cas où des végétaux ont résisté à de hautes températures; mais une critique scientifique réduirait probablement le nombre des cas cités.

Ehrenberg parle, par exemple, d'une *Oscillaria* vivant dans les sources chaudes d'Ischia, à une température de 81° à 85° C.

John Daulby, de Liverpool, cite une chara de l'Islande qui fructifie dans une eau chaude de l'île, eau dans laquelle un œuf fut cuit en quatre minutes. Dunbar et Hunter trouvaient dans la Louisiane des sources de 24° à 50° R. dans lesquelles croissaient non-seulement des conferves et des plantes herbacées, mais aussi des plantes ligneuses. Sonnerat cite, dans l'île de Luçon, une source chaude de 60° R. dans laquelle il vit fleurir de petites plantes d'une espèce de *Vitex*. Humboldt trouvait dans les régions tropicales de l'Amérique des sources de 40° à 60° R., dans lesquelles croissaient certains végétaux (lesquels?). Tous ces faits sont relatés dans le « Lehrbuch der Botanik » de Bischoff, 1839; mais je le répète, nous les citons ici sous toute réserve.

D'après des observations plus récentes¹, la plupart des grains de pollen séchés à l'air supportent, sans perdre leur action fécondante, pendant une demi-heure, une température de 90° C.

Des spores d'*Ustilago carbo* supportent dans l'air sec une

¹ Rittinghaus, Bot. Centralblatt, N° 23-24, p. 300, 1887.

température de 100° à 120°; mais dans l'air saturé de vapeur d'eau, elles meurent après une exposition d'une heure à une température de 58°.5 à 60° C. (Hoffmann). D'après Pasteur, des spores de *Penicillium glaucum* supportent dans l'air sec une température de 108°, tandis qu'elles sont tuées dans de l'eau de 100° C.

J'ai vu le *Bacterium subtile* (Heubacterium) résister pendant plus d'une heure dans de l'eau de 100° C.

La force de résistance à de hautes températures varie, du reste, beaucoup suivant les végétaux.

D'après Sachs et de Vries (Pfeffer, Pflanzenphysiologie), des plantes phanérogames plongées dans de l'eau de 51° à 52° C. meurent au bout de 10 à 30 minutes.

La résistance contre des températures basses est souvent très remarquable. Rittinghaus (loc. cit.) fait voir que des grains de pollen conservent leur vitalité à une température de — 20° C. D'après les belles observations de M. Casimir de Candolle, des graines de trèfle, par exemple, conservent leur force germinatrice après une exposition de six heures à une température de — 80° C.

Pfeffer (loc. cit.) dit : Nous ne connaissons pas la cause pour laquelle telle plante à l'état turgescent résiste mieux à de hautes températures qu'une autre.

Le même auteur ajoute que ce sont surtout les sources chaudes qui nous présentent les plus hautes températures supportées à la longue par des organismes, d'autant plus que ce sont principalement les organismes les plus résistants qui se sont trouvés dans le milieu à haute température ou qu'il s'y est produit, avec le temps, des formes particulièrement résistantes.

On a trouvé qu'en général des sources au-dessus de 54° C. ne peuvent plus contenir des organismes végétaux vivants, tandis qu'ils peuvent supporter un réchauffement jusqu'à 60° C. dans de la vapeur d'eau (Pfeffer, loc. cit.).

Nous avons vu que l'*Oscillaria amphibia* vivait à Carlsbad dans l'eau de la source du Neubad à une température de 60° C.

La résistance de cette *Oscillaria* pourrait s'expliquer jusqu'à un certain point par la présence d'une matière gélatineuse qui entoure ses filaments. Vaucher (Histoire des Conferves d'eau douce, 1803) a donné le nom de *substratum* à la matière qui accompagne les *Oscillaria*. C'est, dit-il, une matière douce et onctueuse au toucher, une espèce de feutre dans lequel se trouve

les oscillaires. C'est une espèce d'habitation qui leur est propre, qui les protège et les défend lorsque le froid ou la sécheresse les exposent à périr. Cette substance n'est pas toujours également abondante dans la même espèce. Lorsque les Oscillatoires ont vécu pendant longtemps dans le même milieu, elle est ordinairement plus épaisse. Celles que le citoyen DeSaussure avait apportées des eaux d'Aix en 1789 (33°-37° R.), que, depuis, le citoyen Boissier a retrouvées vivantes dans le même bassin et que je viens de recevoir, avaient leur feutre extrêmement épais (Vaucher, loc. cit.).

Les sources de Carlsbad tiennent en solution une grande quantité de carbonate de calcium, grâce à l'acide carbonique qu'elles contiennent. Les Oscillaria décomposent l'acide carbonique en exhalant de l'oxygène. Le carbonate de calcium se dépose alors en masses cristallines sur le mucilage des Oscillaria, ce qui augmente encore leur enveloppe protectrice.

Il me semble cependant que cette enveloppe ne suffit pas pour expliquer la résistance des Oscillaria à une température qui dépasse le maximum admis pour la continuation de la vie végétale.

Lorsque nous voyons le protoplasma des bactéries qui renferme des matières albumineuses, résister dans l'eau pendant plus d'une heure à la température de 100° et conserver néanmoins toutes ses propriétés vitales et la faculté de se reproduire, il faut qu'il y ait une autre cause à cette résistance qu'une enveloppe gélatineuse ; car l'albumine se coagule hors de l'organisme à une température de 65° C.

Le protoplasma vivant possède des énergies dont nous ne nous rendons pas encore bien compte. Lorsque, dans nos laboratoires, nous voulons séparer une partie de l'oxygène du dioxyde de carbone, nous faisons passer ce gaz sur des charbons incandescents, tandis que le protoplasma vivant d'une cellule qui renferme de la chlorophylle, éclairée par le soleil, opère la réduction du même gaz à une température relativement basse.

Le protoplasma des algues d'eau douce, par exemple des Spirogyra, renferme beaucoup de tannin. Lorsqu'on plonge ces algues dans la solution d'un sel de fer, la réaction si caractéristique qui démontre la présence du tannin ne se produit qu'après la mort du protoplasma.

Le substratum de la vie, le protoplasma, dans lequel la résultante des forces chimiques et physiques produit l'état que nous

appelons la vie, présente une résistance remarquable à toutes les actions qui pourraient troubler l'harmonie de ces forces.

Cette résistance, qui varie suivant les individus, a toujours pour but de maintenir l'intégrité de l'organisme; elle atteint plus facilement ce résultat, lorsque l'organisme est plus simplement constitué, et que l'équilibre qui existe entre ses forces est plus stable; tandis que, dans les organismes plus compliqués, cet équilibre est plus facile à troubler. Même parmi les organismes inférieurs, Schizomycètes, Oscillaria, Spores de champignons, etc., nous trouvons des degrés de résistance bien différents.

Lorsque les premières Oscillaria ont apparu dans les eaux qui s'étaient formées à la surface de notre planète, ces eaux ont dû présenter, à la suite de la condensation des vapeurs qui les ont produites, une température relativement élevée. Les Oscillaria qui vivent aujourd'hui dans une eau de 54° à 60° C. se sont adaptées aux conditions d'existence de leurs ancêtres.

Les diatomées, dont le protoplasma est protégé par une enveloppe siliceuse, supportent les températures les plus variées. On les trouve vivant aussi bien dans l'eau des glaciers que dans les sources chaudes de Carlsbad.

Leurs formes varient peu suivant les latitudes.

Dans les régions polaires et les régions équatoriales, on trouve les mêmes formes, ou du moins des formes analogues à celles que nous trouvons dans les différentes parties de l'Europe.

Cette résistance à des températures si différentes nous explique en partie la persistance de certaines espèces de diatomées à travers les différentes époques géologiques.

Castracani a découvert, dans les houilles de l'Angleterre, un assez grand nombre de diatomées se rapportant toutes aux types de l'époque actuelle. Huit espèces de ces diatomées fossiles vivent encore aujourd'hui et ont par conséquent traversé sans modification toute la longue suite de l'ère secondaire et tertiaire. Ce sont : *Fragillaria Harrisoni* Sm., *Epithema gibba* Ehr., *Sphenella glacialis* Ktz., *Gomphonema capitatum* Ehr., *Nitschea curvula* Ktz., *Cymbella scotica* Tm., *Synedra vitrea* Ktz., *Diatoma vulgare* Bory. (Saporta et Marion, Evolution du règne végétal, Cryptog., 1881, p. 65.)

Si dans certains organismes, comme les diatomées, par exemple, nous voyons des faits qui dénotent une grande résistance vitale, il existe, en revanche, des causes qui la diminuent et qui rendent les organismes non-seulement moins résistants à des

hautes ou à des basses températures, mais en général plus accessibles à toutes les actions qui troublent leur vie normale. Parmi ces causes affaiblissantes, nous trouvons, par exemple, les conditions défavorables à la nutrition. Ainsi, d'après Pfeffer, des graines se trouvant dans l'eau qui manque d'oxygène perdent de leur résistance vitale.

Saporta (Le monde des plantes avant l'apparition de l'homme, 1879) dit : « La vie est le plus merveilleux comme le plus incompréhensible des phénomènes. » Eh bien, un des côtés les plus importants de ce phénomène, c'est la tendance des organismes à maintenir leur intégrité, c'est-à-dire la résistance plus ou moins énergique qu'ils opposent aux actions qui pourraient troubler ou faire cesser le phénomène de la vie.

Autrefois on voulait expliquer tous les phénomènes de la vie par une force (force vitale); aujourd'hui on les attribue à une matière qui forme le substratum de la vie (protoplasma); mais, quand même on admet que force et matière sont inséparables, le problème est bien loin d'être résolu; car lorsque le protoplasma est mort, les actions physiques et chimiques dont il est le siège sont bien différentes de celles qu'il présente pendant la vie. La réponse au pourquoi ? nous manque encore.

Sur un cas de germination de *Ranunculus aquatilis* L.

par J.-B. SCHNETZLER.

De la vase très compacte prise dans le bord du lac de Bret, en automne 1887, fut placée dans un bocal au fond duquel elle formait une couche de 5 centimètres d'épaisseur; au-dessus de cette vase se trouvait une couche d'eau de 30 centimètres.

Au mois de novembre, on vit sortir de la vase des racines blanches qui atteignaient une longueur de 3 cm.; elles se dirigeaient toutes de bas en haut, c'est-à-dire elles présentaient la direction prise sous l'influence d'un géotropisme négatif. La tigelle restait enfermée dans les téguments de la graine qui, examinée à la loupe, montrait l'aspect de celle de la Renoncule aquatique. La température moyenne de la chambre était de 10°C. En enlevant délicatement ces racines avec la graine et en les plaçant dans un tube contenant de l'alcool (60 %), il se formait autour de la graine ouverte une masse floconneuse d'un blanc grisâtre qui, examinée au microscope, se composait entièrement de lamelles cristallines dont les arêtes apparaissaient au foyer sous forme de fines aiguilles. Ces lamelles, ordinairement rayonnantes autour d'un point central, étaient de la Leucine (voir Dr Otto Funke, Atlas der physiologischen Chemie, Taf. III, fig. 6). La Leucine qui me fut donnée par mon savant collègue, M. le prof. H. Brunner, était identique avec celle provenant de la graine de *Ranunculus aquatilis*.

On sait aujourd'hui que les matières albumineuses des cotylédons et de l'endosperme des graines se dissocient pendant la germination en amides et amidoacides (Asparagine, Tyrosine, Leucine, Glutamine), qui passent à l'état soluble dans les cellules de l'embryon, où, en présence d'hydrates de carbone, ils reconstituent les matières albumineuses.

Jusqu'à présent on a surtout trouvé l'Asparagine en quantité considérable chez les plantes supérieures. La Leucine, qui se trouve dans le cerveau, le foie, les poumons, dans du fromage

décomposition (Käse oxid.), etc.¹, n'a été guère constatée chez les plantes supérieures².

Pfeffer (Pflanzenphysiologie, I. B., p. 294, 1881) dit: Il n'est pas encore constaté que la Leucine et la Tyrosine se trouvent généralement dans les plantes supérieures.

La présence de la Leucine, qui s'est formée en quantité considérable pendant la germination des graines de *Ranunculus acris*, nous fait connaître le cas d'une plante supérieure où nous trouvons cet amide.

OBSERVATIONS

faites pendant l'éclipse de lune du 3 août 1887,

par Ch. DUFOUR, professeur, à Morges.

Dans la soirée du 3 août 1887, nous avons eu une éclipse partielle de lune, pendant laquelle, au moment de la plus grande obscurité, les 0.419 du diamètre de ce luminaire étaient cachés; par conséquent la partie qui restait lumineuse était bien plus grande que la moitié de la surface de notre satellite; c'est-à-dire qu'elle était plus grande qu'au 1^{er} quartier. Or il était évident que pendant cette éclipse, la lumière de la lune était beaucoup plus faible qu'au 1^{er} quartier. On le voyait par le peu d'intensité des ombres, par le peu de visibilité générale dans la campagne, et par la nécessité des becs de gaz pour y voir dans les rues.

Ceci est la conséquence du fait que la partie lumineuse de la lune, lors même qu'elle n'était pas dans l'ombre de la terre, passait dans la pénombre; par conséquent elle était moins éclairée et son éclat était sensiblement diminué.

avant ou après une éclipse, soit quand la lune passait dans la pénombre sans qu'il y ait éclipse, ce qui arrive quelquefois. J'avais pu constater que la lumière de la lune était alors sensiblement plus faible que dans les pleines lunes ordinaires. La lune dans le ciel paraissait également belle, mais cependant on pouvait constater que sa lumière était plus faible, soit en essayant de lire certains caractères qu'on lit facilement avec la pleine lune, soit en essayant de voir l'heure à une montre, soit enfin en appréciant la distance à laquelle on peut reconnaître quelqu'un sur une route ou sur une promenade.

Cette éclipse du 3 août a présenté un autre intérêt. Non-seulement au moment de la plus grande phase, mais sensiblement avant ou après, on pouvait voir toute la surface du disque lunaire. Malgré la lumière que donnait la partie non éclipsée, on pouvait reconnaître la partie éclipsée et l'arc qui la terminait, à cause de cette teinte rouge sombre qui, dans l'immense majorité des cas, permet de voir la lune dans le firmament, lors même qu'elle est totalement éclipsée.

Cette teinte rouge est attribuée à la lumière du soleil réfractée par l'atmosphère de la terre et qui pénètre dans le cône d'ombre. Cependant, dans quelques cas rares, en moyenne une fois par siècle à peu près, on ne voit pas cette lumière rouge et la lune disparaît entièrement pendant ses éclipses totales. Ce fait a été attribué aux nuages qu'il y avait alors dans notre atmosphère et qui interceptaient les rayons du soleil.

Mais, chose curieuse, ce fait si rare s'est produit deux fois pendant l'année 1884, c'est-à-dire pendant les deux éclipses totales de cette année-là, et qui furent observées : la première, le 10 avril dans l'île de Java, et la deuxième, le 4 octobre en Europe.

Ne pourrait-on pas attribuer ces deux disparitions de la lune, pendant l'année 1884, au trouble qu'il y avait alors dans notre atmosphère, et qui était causé probablement par l'éruption du Krakatoa, le 26 août de l'année précédente ? Ce trouble se manifestait, d'ailleurs, de différentes manières, d'abord par la difficulté de distinguer de jour la planète Vénus quand elle était à son maximum d'élongation, ainsi que la lumière zodiacale au printemps de 1884, et même par des nuits sereines les étoiles de grandeur inférieure ; par ces cercles colorés que l'on observa

pendant longtemps autour du soleil, et surtout par les magnifiques lueurs qui ont embelli les aurores et les crépuscules pendant l'hiver de 1883 à 1884, et qui, pendant longtemps encore, ont continué en s'affaiblissant.

Depuis 1884, il n'y a eu aucune éclipse totale de lune, mais il y a eu deux éclipses partielles, l'une le 30 mars 1885 et l'autre le 24 septembre de la même année. Elles ont été toutes les deux presque invisibles pour nous. La première finissait à peu près au moment du lever du soleil, la seconde commençait au moment du coucher de cet astre; de façon qu'en fait d'éclipse, nous n'avons guère vu que la lune passant à travers la pénombre.

L'éclipse du 3 août 1887 est donc, depuis 1884, la première pendant laquelle nous avons pu voir la région obscure; or cette fois, la couleur rouge sur cette région était très sensible soit avec une lunette, soit même à l'œil nu.

C'est une preuve que notre atmosphère a repris, du moins en grande partie, la transparence qu'elle avait momentanément perdue en 1884.

On peut se demander, maintenant, si la disparition totale de la lune dans quelques éclipses antérieures était réellement produite par les nuages de notre atmosphère, qui auraient intercepté les rayons du soleil?

Il est difficile, en effet, d'admettre que ces nuages aient existé sur toute une zone, située autour de la circonférence du grand cercle, suivant laquelle les rayons du soleil étaient tangents au sphéroïde terrestre, et cela d'autant plus qu'il y a des régions du globe où il ne pleut presque jamais et où le ciel est presque continuellement serein.

Mais à la fin de 1883 et pendant l'année 1884, l'atmosphère tout entière était encore troublée par la catastrophe arrivée dans le détroit de la Sonde, car sur tout le globe on a eu les lueurs crépusculaires et les cercles lumineux autour du soleil. C'était donc une circonstance très favorable pour arrêter les rayons du soleil qui auraient pu arriver sur la lune.

Cela est bien plus probable qu'un arrêt de cette lumière par les nuages, d'autant plus que les substances qui troublaient l'atmosphère en 1883 et 1884 étaient beaucoup plus élevées. J'ai vu voir qu'en décembre et en janvier ces lueurs étaient produites à une hauteur de 70 kilomètres. A cette altitude, la pression barométrique n'est pas même de 0.12 de millimètre. Les nuages

et les cirrus les plus élevés restent bien au-dessous de ces régions et n'existent pas dans une atmosphère aussi rare; par conséquent, au-dessus des nuages, il resterait une couche atmosphérique assez considérable à travers laquelle la lumière pourrait encore passer, tandis que les substances qui s'y trouvaient en 1883 et 1884 laissaient au-dessus d'elles une couche d'air bien plus faible.

On peut donc admettre que les disparitions du disque lunaire au moment de ses éclipses totales, constatées dans les siècles précédents, étaient causées, non par des nuages, comme on l'a cru jusqu'ici, mais par des troubles de notre atmosphère, analogues à celui qu'a produit le Krakatoa en 1883.

Le 28 janvier prochain nous aurons une éclipse totale de lune. Dans les localités où le ciel sera assez clair pour qu'elle puisse être observée, il sera intéressant de faire attention à la teinte qu'aura notre satellite pendant l'éclipse totale.

Les personnes qui se souviennent des éclipses antérieures pourront alors essayer de comparer la couleur de la lune éclipsée avec la couleur qu'elles ont vue autrefois. Malgré la difficulté qu'il y a à faire une telle comparaison entre une teinte que l'on voit et une teinte dont on a seulement le souvenir, ce sera peut-être une bonne manière de reconnaître, en le voyant sur la lune, si notre atmosphère a repris toute la transparence qu'elle avait avant 1883.

ESSAI D'UNE APPLICATION DES PRINCIPES DE LA MÉCANIQUE

A

L'ÉCOULEMENT DES GLACIERS

PAR LE

D^r A.-A. ODIN,

Professeur agrégé à l'Académie de Lausanne.

Pl. II et III.

En août dernier, nous eûmes, M. le prof. D^r Forel et moi, un entretien sur la question si controversée de l'écoulement des glaciers; M. Forel ayant soulevé la difficulté de trouver les causes de la périodicité des phases de crue et de décrue, me demanda ce que je croyais qu'il fût possible d'y arriver par voie mathématique. Au premier abord, la chose me parut trop hasardée pour l'entreprendre, mais en y réfléchissant mûrement, je me persuadai qu'il serait utile d'examiner de près une question aussi intéressante. Je l'ai fait, et, après de nombreuses tentatives, je suis parvenu, non à résoudre la difficulté elle-même, mais à en dégager la question primordiale des lois qui président à l'écoulement d'un glacier. Quant au problème lui-même posé par M. le prof. Forel, je crois nécessaire, pour chercher à le résoudre, d'attendre que les résultats des observations du C. A. S. sur le glacier du Rhône aient été publiés et qu'on ait pu juger du degré d'exactitude des formules que j'ai établies.

Avant d'entrer dans le sujet, j'ai cru devoir développer les hypothèses sur lesquelles je me base pour mettre en équations le problème si complexe de l'écoulement d'un glacier.

J'exprime ici à MM. les professeurs F.-A. Forel, à Morges, et H. Jenbach, à Bâle, toute ma reconnaissance pour les bienveillantes indications qu'ils m'ont données, ainsi que pour le grand intérêt qu'ils ont apporté à cet « Essai ».

HYPOTHÈSES

L'écoulement d'un glacier étant un phénomène excessivement complexe, il ne peut être étudié mathématiquement qu'en négligeant plusieurs phénomènes accessoires et en faisant certaines hypothèses sur la forme et la constitution du névé et du glacier.

Les glaciers ont toujours une forme très irrégulière qui ne se prête pas à un calcul exact; par contre, si l'on se contente d'un résultat approximatif, on peut supposer que tout glacier, sauf quelques exceptions, se compose de deux ou de plusieurs canaux prismatiques à profils rectangulaires; l'un de ces canaux, large et rapide, représentera le névé; sa profondeur ira en croissant de la partie supérieure à la partie inférieure; un autre canal, en général plus long, moins large et moins rapide, représentera le glacier; la profondeur de la glace dans ce canal ira en décroissant de la partie supérieure à la partie inférieure. Si le glacier fait un coude, ce qui est fort souvent le cas, on le supposera formé de deux canaux droits.

L'étude de l'écoulement d'un glacier est donc ramenée à celle de l'écoulement d'une masse de neige ou de glace renfermée dans un canal prismatique rectangulaire; l'épaisseur de cette glace est variable, mais comme elle est très petite comparativement à la longueur du canal, nous pouvons considérer la surface supérieure et la surface inférieure de la glace comme étant sensiblement parallèles entre elles; ceci nous permettra de considérer la surface supérieure comme plane et de la prendre comme l'un des plans d'un système de coordonnées.

En remplaçant le glacier par un simple canal rectangulaire, nous faisons tacitement abstraction des crevasses; bien qu'il y en ait de très grandes, elles n'atteignent guère la moraine profonde et ne peuvent ainsi modifier d'une manière appréciable la marche du glacier.

On sait que la vitesse de la glace est plus forte au milieu qu'au bord; les mesures prises sur le glacier du Rhône ont montré que la relation des vitesses à différentes distances des bords se conserve très exactement sur toute la longueur du glacier, et que les trajectoires des particules de glace sont sensiblement parallèles à son axe. Ceci étant admis comme parfaitement exact et la glace étant regardée comme incompressible, la vitesse devrait être constante pour tous les points d'un même filet parallèle à l'axe; mais, comme il y a un enlèvement de matière causé par l'ablation, la vitesse des différents points d'un même filet va en décroissant de la partie supérieure à la partie inférieure¹. Toutefois, il n'y a dans le sens de la longueur de grandes variations de vitesse que près du front du glacier, c'est-

¹ F.-A. FOREL, *Archives de Genève*, tome VI, juillet 1881.

à-dire dans la partie qui a le moins d'influence sur le mouvement général. Nous ne commettrons donc pas une grande erreur en supposant que la vitesse est constante pour tous les points d'un même filet.

Ce que nous venons de dire de la vitesse du glacier, nous pouvons aussi le dire de celle du névé, quoique à la vérité avec moins de raison et moins de certitude; en effet, nous avons ici à compter avec le tassement des neiges, mais comme ce phénomène n'a pas encore été étudié jusqu'à présent d'une manière suffisante, il nous est impossible d'en tenir compte; s'il le fallait absolument, nous regarderions le névé comme formé non pas d'un seul canal, mais de deux canaux ou d'un nombre plus grand encore et il n'y aurait de cette manière rien de changé dans nos formules.

Les deux grands facteurs qui président aux mouvements des glaciers sont la pesanteur et les frottements. Nous n'avons rien à dire sur la pesanteur; par contre, il est nécessaire que nous soyons fixés au sujet des frottements.

Lorsqu'une masse visqueuse coule, elle est soumise à deux espèces de frottements: le frottement externe, soit contre les parois du canal dans lequel la masse se meut et le frottement interne.

Dans le glacier, le frottement externe est celui de la glace contre les moraines, c'est le frottement d'un corps solide contre un autre corps solide. Comme on le fait en général, nous admettons que pour des variations minimales de la vitesse relative des deux corps, le frottement est proportionnel à la vitesse et en même temps à la pression totale que les deux corps exercent l'un sur l'autre. Nous ne nous éloignerons guère de la vérité en admettant que cette pression est semblable à une pression hydrostatique, c'est-à-dire qu'elle est proportionnelle à l'épaisseur du glacier au point donné. Nous considérerons le coefficient de frottement externe comme variant avec la vitesse et avec la distance du point considéré au front du glacier, mais comme étant le même pour tous les points d'une même section transversale du glacier ou du névé.

L'écoulement des glaciers n'étant pas autre chose qu'une déformation très lente produite sous l'influence de forces considérables, le frottement interne est toujours immense, surtout si on le compare à celui des liquides. Pour nous rendre un compte exact de sa valeur, considérons (fig. 1) une tranche de glace

AB A'B' prise dans l'intérieur du glacier et supposons qu'elle soit soumise à deux forces tangentielles égales et de sens contraires; soient P la valeur de chacune de ces forces par unité de surface; sous leur influence, la glace se déforme et le déplacement de AB par rapport à A'B' pendant le temps dt sera $v dt$, v étant la vitesse relative de AB par rapport à A'B'; tant que la force P restera la même, la vitesse v pourra être regardée comme indépendante du temps et comme proportionnelle à la force P; c'est au moins ce qu'il est le plus vraisemblable d'admettre et que les expériences faites jusqu'à présent confirment. Il est de plus facile de démontrer que la vitesse relative v est proportionnelle à l'épaisseur h de la tranche de glace.

En effet, supposons que nous ayons n plaques semblables (fig. 2) superposées les unes aux autres de manière à former une plaque unique de même surface que la précédente, mais d'une épaisseur totale nh , soient $A_1 B_1 A_2 B_2 \dots A_{n-1} B_{n-1}$ les séparations fictives de ces plaques, et $A_0 B_0 A_n B_n$ les forces extrêmes; nous supposons ces dernières soumises à deux forces tangentielles égales et de sens contraires; soient $-P_0$ et $+P_n$ ces forces et soit P leur intensité par unité de surface. Si nous faisons abstraction des allongements que peut subir la glace dans les sens $A_k B_k$, nous pourrions regarder les surfaces $A_k B_k$ comme des surfaces matérielles solides et nous pourrions leur appliquer les deux forces $-P_k$ et $+P_k$ respectivement égales et parallèles à $-P_0$ et $+P_n$; chacune des n tranches de glace étant en équilibre (nous faisons abstraction du mouvement de rotation), les forces qui agissent sur elles doivent donner une résultante nulle; par conséquent, les forces qui agissent sur les différentes tranches doivent être accouplées de telle façon que l'élément $A_{k-1} B_{k-1} A_k B_k$ sera regardé comme soumis aux forces $-P_{k-1}$, P_k ; il se déformera et la vitesse relative de ses deux faces aura une certaine valeur v' ; mais cette valeur doit être la même pour chacune des n tranches, car elles sont toutes soumises à des forces identiques et la vitesse relative des deux faces $A_0 B_0$ et $A_n B_n$ sera donc nv' , ce qui signifie qu'elle est proportionnelle au nombre n ou, ce qui revient au même, proportionnelle à l'épaisseur $A_0 A_n$.

En résumé, une tranche de glace soumise à deux forces tangentielles égales et de sens contraire agissant sur ses faces, se déforme de telle manière que ces dernières acquièrent une vitesse relative qui est proportionnelle à l'intensité P par unité de

surface de chacune des deux forces et proportionnelle à l'épaisseur h de la tranche; elle est donc donnée par la formule

$$v = \frac{1}{F} Ph.$$

F est une constante dépendant uniquement de la nature de la glace; nous l'appellerons *coefficient de frottement interne*.

Nous avons supposé jusqu'à présent que la plaque de glace n'était soumise en chacune de ses faces qu'à une seule force. En général, s'il y a différentes forces appliquées aux différents points ou si P est une fonction continue de l'épaisseur, nous devrions restreindre notre formule à une partie assez minime de la plaque pour qu'il n'y ait à considérer que deux forces sensiblement égales et de sens contraire agissant sur les deux faces; soient dh l'épaisseur de la partie ainsi considérée et dv la différence de vitesse de ses deux faces; nous avons alors :

$$dv = \frac{1}{F} Pdh.$$

Cette différence de vitesse produite dans la direction de la force P ne sera pas changée, si, conjointement à cette force, il y a d'autres forces Q , R , etc., qui agissent dans des plans obliques par rapport à celui dans lequel agit P , pourvu que ces forces soient comme P proportionnelles aux surfaces des sections dans lesquelles elles agissent; ceci est évident, car nous pouvons choisir l'épaisseur dh assez petite pour que l'action de ces forces soit négligeable en présence de l'effet que produit P .

En tirant la valeur de P de l'équation ci-dessus, nous obtenons la formule suivante :

$$(1) \quad P = F \frac{dv}{dh},$$

qui est applicable à la partie d'une tranche de glace voisine de sa surface et donne la force qui doit agir le long de cette surface pour déformer la glace.

Le coefficient de frottement interne F varie probablement peu avec la vitesse et ne dépend guère que de la nature de la glace, mais de quelle manière en dépend-il, c'est ce que nous ne savons

pas; dans tous les cas, il doit être en relation avec les différentes pressions qui agissent sur la glace et qui par leurs variations en modifient assez rapidement la consistance, vu que dans un glacier, la glace est le plus souvent très près de son point de fusion. Malgré cela, nous admettrons, comme pour le frottement externe, qu'à un moment donné et pour une même section transversale du glacier ou du névé, F est constant. Cette hypothèse nous est indispensable pour arriver à un résultat final et les erreurs qu'elle peut entraîner nous paraissent devoir être beaucoup inférieures à celles qui résultent des irrégularités de la forme de tout glacier.

Il est bon de remarquer que F aura toujours pour la partie supérieure du névé une valeur considérablement plus petite que pour la glace dure du glacier proprement dit.

Ce sont là les hypothèses principales sur lesquelles nous nous baserons pour les calculs généraux qui suivent; nous serons toutefois obligé, lorsqu'il s'agira de calculer le débit du glacier, de faire encore quelques restrictions de moindre importance que nous les indiquerons et les motiverons plus loin.

ÉQUATIONS DU MOUVEMENT DE LA GLACE DANS UN CANAL RECTANGULAIRE

D'après ce qui précède, l'étude de l'écoulement de la glace d'un glacier se ramène à celle de l'écoulement d'une masse de glace renfermée dans un canal prismatique rectangulaire. Rapportons ce canal à un système de coordonnées cartésiennes rectangulaires $Oxyz$ (fig. 3), choisi de telle façon que l'axe Ox partage la surface supérieure — de laquelle nous avons vu qu'elle peut être considérée comme plane — en deux parties, dans le sens de la longueur, et que l'axe Oy se trouve dans la section supérieure du canal. Soit α l'angle que forme l'axe Ox avec l'horizontale, autrement dit, l'angle de pente de l'axe du canal.

Considérons maintenant (fig. 4) un élément de glace ayant la forme du parallépipède rectangle $ABCDEFGH$, dont le centre O a pour coordonnées (xyz) et dont les arêtes parallèles aux axes ont pour longueurs dx dy dz . Ce parallépipède qui se meut, comme nous le savons, parallèlement à Ox , c'est-à-dire, parallèlement à quatre de ses arêtes, est actionné par diverses forces donnant des composantes parallèles à l'axe des x ; ce sont :

1° Son poids; en appelant g la gravité et $\mathcal{A}$ la densité de la glace, ce poids est :

$$g \mathcal{A} dx dy dz$$

et sa composante dans la direction des x positifs est :

$$g \mathcal{A} \sin \alpha dx dy dz.$$

2° La pression de la glace contre les faces du parallélépipède. Soit p la pression en O (pression par unité de surface contre un plan parallèle à yOz est dans le sens de Ox); p est fonction de x, y et z , en sorte que la pression par unité de surface est au centre de la face ABFE

$$p - \frac{\partial p}{\partial x} \frac{dx}{2}.$$

La pression totale contre ABFE est donc :

$$\left(p - \frac{\partial p}{\partial x} \frac{dx}{2} \right) dy dz,$$

valeur exacte jusqu'aux infiniment petits du 4^e ordre. On verrait de même que la pression contre la face DCGH est égale à

$$- \left(p + \frac{\partial p}{\partial x} \frac{dx}{2} \right) dy dz.$$

La résultante de ces deux pressions est donc :

$$- \frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz.$$

Nous n'avons pas à considérer les pressions contre les autres faces du parallélépipède, car elles ne donnent point de composantes dans la direction Ox du mouvement.

3° Les forces agissant tangentiellement sur les faces du parallélépipède et qui occasionnent les différences de vitesses. Remarquons d'abord que les faces ABFE et DCGH ne sont soumises à aucune force de ce genre et prenons les deux autres faces deux à deux.

Soit v la vitesse de la glace en O; au centre de la face BCGF, cette vitesse sera

$$v + \frac{\partial v}{\partial y} \frac{dy}{2}$$

sa dérivée par rapport à l'épaisseur du parallélépipède et dirigée contre l'extérieur de celui-ci sera :

$$\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \frac{dy}{2}.$$

La force par unité de surface qui agit au centre de gravité BCGF et dans la direction des x est donc, d'après la formule

$$F \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \frac{dy}{2} \right),$$

par conséquent, la force tangentielle totale agissant sur BC a la valeur suivante qui est exacte jusqu'aux infiniment petits du 4^e ordre.

$$F \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \frac{dy}{2} \right) dx dz.$$

La force agissant sur la face opposée du parallélépipède : par analogie égale à

$$F \left(-\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \frac{dy}{2} \right) dx dz$$

et leur résultante est :

$$F \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} dx dy dz.$$

Les déformations de la glace résultent aussi de forces agissant sur les faces ABCD et EFGH, forces qui ont pour résultante :

$$F \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} dx dy dz.$$

La résultante de toutes les forces qui occasionnent une variation de vitesse de la glace d'un point à un autre est donc :

$$F \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) dx dy dz.$$

La résultante définitive de toutes les forces qui agissent sur l'élément de glace que nous avons choisi, est par conséquent

$$g \sin \alpha dx dy dz - \frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz + F \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) dx dy dz$$

Cette résultante est, d'autre part, égale à la masse $\mathcal{A} dx dy dz$ du parallélépipède multipliée par l'accélération $\frac{\partial v}{\partial t}$ de son centre de gravité; si nous égalons ces deux valeurs en les divisant par $dx dy dz$, nous avons :

$$g \mathcal{A} \sin \alpha - \frac{\partial p}{\partial x} + F \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) = \mathcal{A} \frac{\partial v}{\partial t}.$$

Divisons les deux membres de cette équation par $g \mathcal{A}$ et posons :

$$\frac{F}{g \mathcal{A}} = K$$

ce devient :

$$\sin \alpha - \frac{1}{g \mathcal{A}} \frac{\partial p}{\partial x} + K \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) = \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t}.$$

Le second membre

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t}$$

peut être négligé. En effet, chez les glaciers qui se meuvent le plus rapidement, on doit regarder comme impossible un changement de vitesse de 10 mètres en 1 minute (la vitesse étant donnée par heure). Ce changement correspond à

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{1}{211680},$$

leur toujours négligeable en présence de $\sin \alpha$ qui représente la pente du glacier.

L'équation générale du mouvement de la glace est donc

$$\sin \alpha - \frac{1}{g \mathcal{A}} \frac{\partial p}{\partial x} + K \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) = 0.$$

Elle est vraie pour tous les points du glacier, mais ne pourra être intégrée que lorsque nous aurons fixé les conditions aux limites; occupons-nous donc de trouver celles-ci d'après les données du problème.

La limite supérieure comprend les points pour lesquels $z = 0$; pour ces points, la glace est en contact uniquement avec de

l'air et n'est soumise dans le plan $z = 0$ à aucune force de la déformer, ce qui veut dire, à cause de la formule pour tous ces points, l'on doit avoir

$$(4) \quad \text{pour } z = 0 \quad \frac{\partial v}{\partial z} = 0.$$

Si nous appelons h la hauteur de la glace dans le canal, la surface inférieure sera caractérisée par l'équation $z = h$ riant du reste avec x . Considérons un élément quelconque de cette surface: il frotte contre le fond du canal (moraine fondue) qui exerce sur lui une force de frottement qui, par unité de surface, est égale au produit du coefficient de frottement f multiplié par la vitesse v et par la pression par unité de surface de la glace sur le fond du canal; nous avons déjà dit que nous regarderions cette pression comme analogue à une pression hydrostatique, ce qui fait que dans le cas particulier, elle est égale à $g \Delta h \cos \alpha$; la force de frottement est donc

$$- f g \Delta h \cos \alpha . v$$

elle est la seule qui agisse dans le plan $z = h$ et c'est la seule qui déforme la couche la plus inférieure de la glace. Nous avons donc, en appliquant la formule (1)

$$- f g \Delta h \cos \alpha v = F \frac{\partial v}{\partial z}$$

ou

$$(5) \quad \text{pour } z = h \quad K \frac{\partial v}{\partial z} + f h \cos \alpha v = 0.$$

Il nous reste à nous occuper des faces latérales du canal. Considérons d'abord celle pour laquelle $y = +y_0, 2y_0$ la largeur du canal, et considérons un élément de cette face ayant pour coordonnées (x, y_0, z) . Nous pouvons dire sur le moment tout ce que nous venons de dire pour un élément de la surface inférieure, seulement ici nous manquons de données sur la pression. Comme le frottement contre les faces latérales du canal n'a pour la solution pratique qu'une importance tout à fait secondaire et que la pression de la glace contre les parois latérales du canal varie pas énormément d'un point à un autre, nous supposons

pression, par unité de surface, constante et égale à $g \Delta q \cos \alpha$; remarquons que q sera toujours de beaucoup inférieur à h . D'après cette hypothèse, la force de frottement doit être égale à

$$- f g \Delta q \cos \alpha v$$

ce qui donne l'équation

$$(6) \quad \text{pour } y = y_0 \quad K \frac{\partial v}{\partial y} + f g \cos \alpha v = 0.$$

Pour passer de cette équation à l'équation limite se rapportant à l'autre surface latérale, nous n'avons qu'à remplacer y par $-y$, ce qui donne :

$$(7) \quad \text{pour } y = -y_0 \quad K \frac{\partial v}{\partial y} - f g \cos \alpha v = 0.$$

Les équations 2, 3, 4, 5, 6 suffisent pour déterminer complètement v lorsque l'on connaît p . Or, en réalité, p est une fonction inconnue, mais qui peut être éliminée dans l'application pratique, si l'on se contente de la vitesse moyenne du glacier. Nous allons donc nous occuper de l'intégration de l'équation (3) accompagnée des équations 4, 5, 6 et 7 en supposant que p est une fonction connue quelconque de x et z .

VITESSE EN UN POINT QUELCONQUE

La vitesse en un point quelconque du canal est donnée par l'intégration de l'équation aux dérivées partielles :

$$\sin \alpha - \frac{1}{g \Delta} \frac{\partial p}{\partial x} + K \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) = 0,$$

accompagnée des équations aux limites :

$$\text{pour } z = 0 \quad \frac{\partial v}{\partial z} = 0$$

$$\text{pour } z = h \quad K \frac{\partial v}{\partial z} + f h \cos \alpha v = 0$$

$$\text{pour } y = y_0 \quad K \frac{\partial v}{\partial y} + f g \cos \alpha v = 0$$

$$\text{pour } y = -y_0 \quad K \frac{\partial v}{\partial y} - f g \cos \alpha v = 0.$$

Sur toutes ces équations, nous supposons p connu et v inconnu.

Remarquons d'abord qu'aucune dérivée de v par rapport à x ne se trouvant dans les équations ci-dessus, nous les intégrons en regardant x comme constant. En conséquence, si nous posons

$$(8) \quad \sin \alpha - \frac{1}{gA} \frac{dp}{dx} = KP,$$

l'équation (3) deviendra :

$$(9) \quad P + \frac{d^2 v}{dy^2} + \frac{d^2 v}{dz^2} = 0$$

et P devra être regardé comme une fonction connue de y et de z . Si nous supposons que cette fonction est continue dans les limites du canal, nous pouvons la mettre sous la forme suivante :

$$(10) \quad P = \sum_r \left[Z_r \cos \left(r_r \frac{y}{h} \right) + Z'_r \sin \left(r'_r \frac{y}{h} \right) \right]$$

Z_r et Z'_r étant des fonctions de z seulement et r_r et r'_r des paramètres quelconques; cette somme peut se composer d'un nombre fini ou infini de termes.

Si nous substituons cette valeur de P dans l'équation (9), elle devient :

$$(11) \quad \frac{d^2 v}{dy^2} + \frac{d^2 v}{dz^2} + \sum_r \left[Z_r \cos \left(r_r \frac{y}{h} \right) + Z'_r \sin \left(r'_r \frac{y}{h} \right) \right] = 0$$

tandis que les équations (4, 5, 6 et 7) n'éprouvent aucun changement.

Ceci posé, cherchons une valeur W de v qui satisfasse à l'équation aux dérivées partielles

$$(12) \quad \frac{d^2 W}{dy^2} + \frac{d^2 W}{dz^2} + Z \cos \left(r \frac{y}{h} \right) + Z' \sin \left(r' \frac{y}{h} \right) = 0$$

et aux équations (4 et 5). Une telle valeur aura la forme

$$(13) \quad W = \cos \left(r \frac{y}{h} \right) \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} w_{\lambda} \cos \left(m_{\lambda} \frac{z}{h} \right) + \sin \left(r' \frac{y}{h} \right) \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} w'_{\lambda} \cos \left(m'_{\lambda} \frac{z}{h} \right)$$

Si nous la substituons dans l'équation (10) et égalons à 0 le coefficient de $\cos \left(r \frac{y}{h} \right)$ et celui de $\sin \left(r' \frac{y}{h} \right)$, nous obtenons :

$$(14) \quad \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \frac{r^2 + m^2}{h^2} w_{\lambda} \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) = Z$$

$$\sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \frac{r'^2 + m'^2}{h^2} w'_{\lambda} \cos\left(m'_{\lambda} \frac{z}{h}\right) = Z'.$$

L'équation (4) est d'elle-même satisfaite. Il reste encore l'équation (5); en faisant $z = h$ et en égalant à 0 les coefficients des mêmes $\cos$ et $\sin$ que ci-dessus, nous obtenons :

$$\sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left(-\frac{K}{h} m_{\lambda} w_{\lambda} \sin m_{\lambda} + fh \cos \alpha \cdot w_{\lambda} \cos m_{\lambda} \right) = 0$$

$$\sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left(-\frac{K}{h} m'_{\lambda} w'_{\lambda} \sin m'_{\lambda} + fh \cos \alpha \cdot w'_{\lambda} \cos m'_{\lambda} \right) = 0.$$

Comme ce sont les seules équations qui lient les m et m' , nous pouvons donc choisir ces derniers arbitrairement pourvu qu'il soit encore possible de satisfaire les équations (14); nous les déterminerons en égalant à 0 les coefficients de w_{λ} et de w'_{λ} dans les deux dernières équations, ce qui a l'immense avantage de rendre les m indépendants des w . Nous poserons donc :

$$m'_{\lambda} = m_{\lambda}$$

et

$$-\frac{K}{h} m_{\lambda} \sin m_{\lambda} + fh \cos \alpha \cdot \cos m_{\lambda} = 0$$

ou

$$m_{\lambda} \operatorname{tg} m_{\lambda} = \frac{fh^2 \cos \alpha}{K}.$$

Les m sont donc simplement les racines positives de l'équation transcendante

$$(15) \quad m \operatorname{tg} m = \frac{fh^2 \cos \alpha}{K} = s.$$

Maintenant que nous avons trouvé les m_{λ} , les w_{λ} se déterminent aisément au moyen des équations (14). Reprenons la première de ces équations en faisant

$$\frac{r^2 + m_{\lambda}^2}{h^2} w_{\lambda} = n_{\lambda}.$$

Elle prend la forme très simple :

$$\sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} n_{\lambda} \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) = Z.$$

Multiplions les deux membres de cette équation par

$$\cos\left(m_{\nu} \frac{z}{h}\right) dz$$

et intégrons de 0 à h , c'est-à-dire, sur toute l'épaisseur glace, nous avons :

$$\sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} n_{\lambda} \int_0^h \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) \cos\left(m_{\nu} \frac{z}{h}\right) dz = \int_0^h Z \cos\left(m_{\nu} \frac{z}{h}\right) dz$$

Si l'on observe que, à cause de (15) :

$$m_{\lambda} \lg m_{\lambda} - m_{\nu} \lg m_{\nu} = 0$$

on vérifie aisément que si λ et ν sont différents,

$$\int_0^h \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) \cos\left(m_{\nu} \frac{z}{h}\right) dz = 0.$$

Par contre, si $\nu = \lambda$,

$$\int_0^h \cos^2\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) dz = \frac{h(m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda})}{2 m_{\lambda}}$$

n_{λ} peut donc être calculé par le moyen de l'équation

$$n_{\nu} \frac{h(m_{\nu} + \sin m_{\nu} \cos m_{\nu})}{2 m_{\nu}} = \int_0^h Z \cos\left(m_{\nu} \frac{z}{h}\right) dz.$$

De là, nous tirons en remplaçant ν par λ :

$$w_{\lambda} = \frac{2 m_{\lambda} h \int_0^h Z \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) dz}{(r'^2 + m_{\lambda}^2)(m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda})}.$$

Nous trouverions de même :

$$w'_{\lambda} = \frac{2 m_{\lambda} h \int_0^h Z' \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) dz}{(r'^2 + m_{\lambda}^2)(m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda})}.$$

En résumé, l'équation

$$\frac{d^2 W_\mu}{dy^2} + \frac{d^2 W_\mu}{dz^2} + Z_\mu \cos\left(r_\mu \frac{y}{h}\right) + Z'_\mu \cos\left(r'_\mu \frac{y}{h}\right) = 0$$

accompagnée des équations :

$$\text{pour } z = 0 \quad \frac{dW_\mu}{dz} = 0$$

$$\text{pour } z = h \quad K \frac{dW_\mu}{dz} + fh \cos \alpha W_\mu = 0$$

et pour intégrale

$$W = \cos\left(r_\mu \frac{y}{h}\right) \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} w_{\mu\lambda} \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right) + \cos\left(r'_\mu \frac{y}{h}\right) \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} w'_{\mu\lambda} \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right)$$

où

$$w_{\mu\lambda} = \frac{2m_\lambda h \int_0^h Z_\mu \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right) dz}{(r_\mu^2 + m_\lambda^2)(m_\lambda + \sin m_\lambda \cos m_\lambda)}$$

$$w'_{\mu\lambda} = \frac{2m_\lambda h \int_0^h Z'_\mu \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right) dz}{(r_{\mu'}^2 + m_\lambda^2)(m_\lambda + \sin m_\lambda \cos m_\lambda)}$$

Par conséquent, les équations (11, 4 et 5) admettront l'intégrale

$$W = \sum W_\mu$$

est donc une double somme. Si nous la transformons de manière à la séparer en deux groupes et si nous intervertissons les elle devient

$$W = \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{2m_\lambda h \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right)}{m_\lambda + \sin m_\lambda \cos m_\lambda} (S_\lambda + S'_\lambda) \right]$$

$$S_\lambda = \sum \left[\frac{\cos\left(r_\mu \frac{y}{h}\right)}{r_\mu^2 + m_\lambda^2} \int_0^h Z_\mu \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right) dz \right]$$

$$S'_\lambda = \sum \left[\frac{\cos\left(r'_\mu \frac{y}{h}\right)}{r_{\mu'}^2 + m_\lambda^2} \int_0^h Z'_\mu \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right) dz \right]$$

Maintenant que nous avons une intégrale de l'équation (1) qui satisfait aux équations (4 et 5), il nous est possible d' trouver une qui satisfasse aux quatre équations (4, 5, 6 et 7). cet effet, posons :

$$(17) \quad v = W + V.$$

L'équation (11) devient :

$$(18) \quad \frac{d^2 V}{dy^2} + \frac{d^2 V}{dz^2} = 0.$$

Les équations (4 et 5) ne subissent aucun changement; d' sont :

$$(19) \quad \text{pour } z = 0 \quad \frac{dV}{dz} = 0$$

$$(20) \quad \text{pour } z = h \quad K \frac{dV}{dz} = fh \cos \alpha V = 0.$$

Les équations (6 et 7) deviennent après réductions :

$$(21) \quad \text{pour } y = y_0 \quad K \frac{dV}{dy} + fq \cos \alpha V = -K \frac{dW}{dy} - fq \cos \alpha W$$

$$(22) \quad \text{pour } y = -y_0 \quad K \frac{dV}{dy} - fq \cos \alpha V = -K \frac{dW}{dy} + fq \cos \alpha W$$

Les équations (18, 19 et 20) seront satisfaites quels que soient m , A et A' si l'on pose :

$$V = \left[A \cosh y \left(m \frac{y}{h} \right) + A' \sin \text{hyp} \left(m \frac{y}{h} \right) \right] \cos \left(m \frac{z}{h} \right).$$

Pour que (21) le soit, il faut et il suffit que

$$-K \frac{m}{h} \sin m + fh \cos \alpha \cos m = 0$$

$$m \operatorname{tg} m = \frac{fh^2 \cos \alpha}{K} = s$$

ce qui n'est autre que l'équation (15). Les différentes valeurs que m est susceptible d'avoir sont, par conséquent, les mêmes m_n que nous avons déjà trouvées. Nous savons donc que si nous posons :

$$(23) \quad V = \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{2 m_{\lambda} h \cos \left(m_{\lambda} \frac{z}{h} \right)}{m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda}} (T_{\lambda} + T'_{\lambda}) \right]$$

$$T_{\lambda} = A_{\lambda} \cos \operatorname{hyp} \left(m_{\lambda} \frac{y}{h} \right)$$

$$T'_{\lambda} = A'_{\lambda} \sin \operatorname{hyp} \left(m_{\lambda} \frac{y}{h} \right)$$

les équations (18, 19 et 20) seront satisfaites. Restent les équations (21 et 22); nous remplacerons dans ces équations W et V par leurs valeurs; nous égalons les termes qui ont le même indice λ et nous diviserons ensuite par le facteur commun

$$\frac{2 m_{\lambda} h \cos \left(m_{\lambda} \frac{z}{h} \right)}{m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda}};$$

enfin, nous ramènerons en même temps pour l'équation (22) toutes les fonctions de l'argument $-y_0$ aux mêmes fonctions de l'argument $+y_0$ en remarquant que

$$S_{\lambda} \quad \frac{\partial S'_{\lambda}}{\partial y} \quad T_{\lambda} \quad \frac{\partial T'_{\lambda}}{\partial y}$$

sont des fonctions paires, et

$$S'_{\lambda} \quad \frac{\partial S_{\lambda}}{\partial y} \quad T'_{\lambda} \quad \frac{\partial T_{\lambda}}{\partial y}$$

sont des fonctions impaires. Nous obtiendrons ainsi les deux équations :

$$\begin{aligned} & K \left(\frac{\partial T_{\lambda}}{\partial y} + \frac{\partial T'_{\lambda}}{\partial y} \right) + f q \cos \alpha (T_{\lambda} + T'_{\lambda}) = \\ & = -K \left(\frac{\partial S_{\lambda}}{\partial y} + \frac{\partial S'_{\lambda}}{\partial y} \right) - f q \cos \alpha (S_{\lambda} + S'_{\lambda}) \\ & K \left(-\frac{\partial T_{\lambda}}{\partial y} + \frac{\partial T'_{\lambda}}{\partial y} \right) + f q \cos \alpha (-T_{\lambda} + T'_{\lambda}) = \\ & = -K \left(-\frac{\partial S_{\lambda}}{\partial y} + \frac{\partial S'_{\lambda}}{\partial y} \right) - f q \cos \alpha (-S_{\lambda} + S'_{\lambda}). \end{aligned}$$

Prenons membre à membre la demi-différence et la somme de ces deux équations :

$$\begin{aligned} K \frac{\partial T_\lambda}{\partial y} + f q \cos \alpha T_\lambda &= -K \frac{\partial S_\lambda}{\partial y} - f q \cos \alpha S_\lambda \\ K \frac{\partial T'_\lambda}{\partial y} + f q \cos \alpha T'_\lambda &= -K \frac{\partial S'_\lambda}{\partial y} - f q \cos \alpha S'_\lambda. \end{aligned}$$

Si l'on remplace dans la première de ces équations T_λ , leurs dérivées par leurs valeurs en faisant $y = y_0$, on obtient ainsi une équation qui permet de calculer les coefficients A'_λ se détermineraient d'une manière analogue. On trouve aisément, en utilisant l'équation (15), que si l'on pose

$$\begin{aligned} B_\mu &= s \frac{q}{h} \cos \left(r_\mu \frac{y_0}{h} \right) - r_\mu \sin \left(r_\mu \frac{y_0}{h} \right) \\ B'_\mu &= s \frac{q}{h} \sin \left(r'_\mu \frac{y_0}{h} \right) + r'_\mu \cos \left(r'_\mu \frac{y_0}{h} \right) \\ C_\lambda &= s \frac{q}{h} \cosh \left(m_\lambda \frac{y_0}{h} \right) + m_\lambda \sinh \left(m_\lambda \frac{y_0}{h} \right) \\ C'_\lambda &= s \frac{q}{h} \sinh \left(m_\lambda \frac{y_0}{h} \right) + m_\lambda \cosh \left(m_\lambda \frac{y_0}{h} \right) \end{aligned}$$

A_λ et A'_λ sont donnés par les équations

$$\begin{aligned} C_\lambda A_\lambda &= - \Sigma \left[\frac{B_\mu}{r_\mu^2 + m_\lambda^2} \int_0^h Z_\mu \cos \left(m_\lambda \frac{z}{h} \right) dz \right] \\ C'_\lambda A'_\lambda &= - \Sigma \left[\frac{B'_\mu}{r'^\mu{}^2 + m_\lambda^2} \int_0^h Z'_\mu \cos \left(m_\lambda \frac{z}{h} \right) dz \right] \end{aligned}$$

En introduisant ces valeurs dans les équations (23), on trouve V , après quoi, en effectuant la simple addition indiquée l'équation (17), et en rassemblant convenablement les termes on obtient la valeur de la vitesse cherchée v telle que l'on a la formule suivante :

$$v = \sum_{\lambda=0}^{\infty} \left[\frac{2 m_{\lambda} h \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right)}{m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda}} (R_{\lambda} + R'_{\lambda}) \right]$$

$$(25) \quad R_{\mu} = \sum_{\lambda} \left[\frac{\int_0^h Z_{\mu} \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) dz}{r_{\mu}^2 + m_{\lambda}^2} \left[\cos\left(r_{\mu} \frac{y}{h}\right) - \frac{B_{\mu}}{C_{\lambda}} \cosh \text{hyp}\left(m_{\lambda} \frac{y}{h}\right) \right] \right]$$

$$R'_{\lambda} = \sum_{\mu=0} \left[\frac{\int_0^h Z'_{\mu} \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) dz}{r'_{\mu}^2 + m_{\lambda}^2} \left[\sin\left(r'_{\mu} \frac{y}{h}\right) - \frac{B'_{\mu}}{C'_{\lambda}} \sinh \text{hyp}\left(m_{\lambda} \frac{y}{h}\right) \right] \right]$$

Cette formule donne donc la vitesse en un point quelconque du canal; elle est tout à fait générale et absolument exacte si les lois sur les frottements externes et internes dont nous sommes partis sont exactes.

La valeur générale de v prend une forme plus simple si l'on suppose que Z_{μ} et Z'_{μ} sont développés en série comme suit :

$$(26) \quad Z_{\mu} = \sum \left[z_{\mu\lambda} \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) \right] = \sum (Z_{\mu\lambda})$$

$$Z'_{\mu} = \sum \left[z'_{\mu\lambda} \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) \right] = \sum (Z'_{\mu\lambda})$$

$z_{\mu\lambda}$ et $z'_{\mu\lambda}$ étant des constantes. On peut déterminer ces constantes comme nous avons déterminé $w_{\mu\lambda}$ et l'on trouve alors que :

$$(27) \quad v = h^2 \sum \left[\frac{Z_{\mu\lambda}}{r_{\mu}^2 + m_{\lambda}^2} \left[\cos\left(r_{\mu} \frac{y}{h}\right) - \frac{B_{\mu}}{C_{\lambda}} \cosh \text{hyp}\left(m_{\lambda} \frac{y}{h}\right) \right] \right] +$$

$$+ h^2 \sum \left[\frac{Z'_{\mu\lambda}}{r'_{\mu}^2 + m_{\lambda}^2} \left[\sin\left(r'_{\mu} \frac{y}{h}\right) - \frac{B'_{\mu}}{C'_{\lambda}} \sinh \text{hyp}\left(m_{\lambda} \frac{y}{h}\right) \right] \right]$$

Les $\sum$ doivent s'étendre sur tous les μ et sur tous les λ de 0 à ∞ . Remarquons que pour des valeurs très grandes de l'indice λ , on a

$$m_{\lambda} = \lambda \pi.$$

Ceci nous montre que les deux séries dont se compose v doivent rapidement converger, d'autant plus que, pour que les formules

(26) aient lieu, les $Z_{\mu\lambda}$ doivent former des séries convergentes et les ordonnant d'après le 2^e indice.

Cas particulier. — Supposons que la pression p ne soit pas fonction de l'ordonnée y ; nous pouvons alors poser :

$$\begin{aligned} r_{\mu} &= r'_{\mu} = 0 \\ \Sigma Z_{\mu} &= Z = P \end{aligned}$$

où Z est une fonction quelconque de z , et les formules (24 et 25) donnent :

$$\begin{aligned} v &= 2h \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{\int_0^h Z \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) dz}{m_{\lambda}(m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda})} \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) \left[1 - \frac{B}{C_{\lambda}} \cos \text{hyp}\left(m_{\lambda} \frac{h}{y}\right) \right] \right] \\ B &= S \frac{q}{h}. \end{aligned}$$

Ce cas particulier ne pourra guère se rapporter à un glacier car l'effet des frottements contre les moraines latérales peut en général être négligé, ce qui se traduit dans nos calculs par $q=0$ et $B=0$ et l'on voit que v n'est pas fonction de y ; or cela est contraire à toutes les observations faites jusqu'ici. Nous devons cependant nous étendre un peu sur ce cas spécial qui nous permettra d'établir la formule générale du débit du glacier.

Supposons que non-seulement p ne soit pas fonction de y , mais qu'il ne soit non plus fonction de z , en d'autres termes, qu'il varie qu'avec x ; $Z=P$ devra être regardé comme constant dans la formule ci-dessus, et si nous faisons en outre $q=0$, elle devient :

$$v = 2h^2 P \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{\sin m_{\lambda} \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right)}{m_{\lambda}^2 (m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda})} \right].$$

Cette formule peut être mise sous une forme très simple; mais les m_{λ} étant les racines d'une équation transcendante, sa transformation directe n'est pas très facile. Par contre, on trouve aisément la forme finie de v en intégrant directement l'équation

$$(9) \quad P + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = 0.$$

(dans laquelle on suppose P constant) avec les conditions (4, 5, 6, 7) dans lesquelles nous faisons $q = 0$ et qui sont :

$$(4) \text{ pour } z = 0 \quad \frac{\partial v}{\partial z} = 0$$

$$(5) \text{ pour } z = h \quad K \frac{\partial v}{\partial z} + fh \cos \alpha v = 0$$

$$(6 \text{ et } 7) \text{ pour } y = \pm y_0 \quad \frac{\partial v}{\partial y} = 0.$$

On voit immédiatement que l'on peut satisfaire à toutes ces conditions avec une fonction v de la forme

$$a + bz^2$$

et si l'on détermine les coefficients a et b , on trouve

$$v = \frac{P}{2} \left(\frac{2K}{f \cos \alpha} + h^2 - z^2 \right)$$

ou en introduisant la valeur de s donnée par la formule (15)

$$v = \frac{1}{2} h^2 P \left[\left(1 + \frac{2}{5} \right) - \left(\frac{z}{h} \right)^2 \right].$$

Cette expression une fois trouvée, on vérifie aisément qu'elle est bien égale à la première établie; il suffit pour cela de la développer en série suivant les

$$\cos \left(m_1 \frac{z}{h} \right)$$

ce que l'on fait sans la moindre difficulté comme nous l'avons indiqué plus haut.

Revenons à la formule générale (25). Si nous voulons l'appliquer à l'étude de l'écoulement des glaciers qui n'ont pas de changements brusques dans leur direction, nous pouvons sans inconvénient faire abstraction du frottement contre les moraines latérales, c'est-à-dire contre les faces latérales du canal dans lequel coule la glace; nous pouvons donc poser

$$q = 0.$$

La formule (25) n'éprouve aucune simplification, mais on a par contre :

$$B_{\mu} = -r_{\mu} \sin \left(r_{\mu} \frac{y_0}{h} \right)$$

$$B'_{\mu} = r'_{\mu} \cos \left(r'_{\mu} \frac{y_0}{h} \right)$$

$$C_{\lambda} = m_{\lambda} \sin \text{hyp} \left(m_{\lambda} \frac{y_0}{h} \right)$$

$$C'_{\lambda} = m_{\lambda} \cos \text{hyp} \left(m_{\lambda} \frac{y_0}{h} \right).$$

Il est bon de remarquer que la supposition $q = 0$ entraîne d'après les équations (6 et 7), pour le bord du glacier : $\frac{\partial v}{\partial y} = 0$, la vitesse v pouvant, elle, du reste, avoir au bord du glacier une valeur quelconque.

La formule (25) ne peut évidemment pas être appliquée dans toute sa généralité à l'étude d'un glacier ; il suffira même probablement dans toute application de considérer une ou deux fonctions Z_{μ} et Z'_{μ} (formule 10) et il suffira de même de prendre peu de termes pour la sommation par rapport à λ , vu que cette série est très convergente. On entrevoit ainsi que la formule (25) doit pouvoir être transformée et ramenée à une forme beaucoup plus simple qui permette de l'appliquer à des observations faites sur la marche d'un glacier. Nous laisserons ici cette transformation complètement de côté, nous réservant d'y venir plus tard s'il y a lieu et nous passerons directement à la recherche du débit qui est le but principal de notre calcul.

DÉBIT, VITESSE MOYENNE

Les formules (25 et 27) donnent la vitesse en un point quelconque d'une section transversale d'un canal rectangulaire dont la largeur est $2y_0$ et la profondeur h ; si nous appelons U le débit du canal en un point de cette section, ou autrement dit le volume de la glace qui traverse cette dernière pendant l'unité de temps, nous savons que

$$U = \int_0^h \int_{-y_0}^{y_0} v \, dz \, dy.$$

Remplaçons v par sa valeur tirée de l'équation (25); nous avons

$$U = 4h \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\int_0^h \frac{m_\lambda \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right) dz}{m_\lambda + \sin m_\lambda \cos m_\lambda} \int_{-y_0}^{+y_0} (R_\lambda + R'_\lambda) dy. \right]$$

Effectuons d'abord l'intégration par rapport à z ; il vient :

$$U = 4h^2 \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{\sin m_\lambda}{m_\lambda + \sin m_\lambda \cos m_\lambda} \int_{-y_0}^{+y_0} (R_\lambda + R'_\lambda) dy. \right]$$

Ici, nous sommes obligé de faire une restriction pour arriver à un résultat simple : nous négligerons le frottement contre les moraines latérales et ferons en conséquence :

$$q = 0.$$

Opérons maintenant l'intégration de $R_\lambda dy$ par rapport à y en employant les formules (25 et 28); nous trouvons après réductions :

$$\begin{aligned} \int_{-y_0}^{+y_0} \left[\cos\left(r_\mu \frac{y}{h}\right) - \frac{B_\mu}{C_\lambda} \cos \text{hyp}\left(m_\lambda \frac{y}{h}\right) \right] dy = \\ = 2 \frac{y_0}{m_\lambda^2} (m_\lambda^2 + r_\mu^2) \frac{\sin\left(r_\mu \frac{y_0}{h}\right)}{r_\mu \frac{y_0}{h}}. \end{aligned}$$

Substituons cette expression dans la valeur de R_λ ; il vient :

$$\int_{-y_0}^{+y_0} R_\lambda dy = y_0 \sum_{\mu} \left[\frac{\sin\left(r_\mu \frac{y_0}{h}\right)}{r_\mu \frac{y_0}{h}} \int_0^h \frac{\cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right)}{m_\lambda^2} dz. \right]$$

Par contre

$$\int_{-y_0}^{+y_0} R'_\lambda dy = 0.$$

U a donc pour valeur

$$= 4h^2 y_0 \int_0^h \sum \left[\frac{\sin\left(r_\mu \frac{y_0}{h}\right)}{r_\mu \frac{y_0}{h}} Z_\mu \right] \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{\sin m_\lambda \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right) dz}{m_\lambda^2 (m_\lambda + \sin m_\lambda \cos m_\lambda)} \right]$$

Appelons S l'aire de la section du canal; elle est égale à

$$S = 2y_0 h.$$

Nous avons posé

$$(10) \quad P = \sum_{\mu} \left[Z_{\mu} \cos \left(r_{\mu} \frac{y}{h} \right) \right] + \sum_{\mu} \left[Z'_{\mu} \sin \left(r'_{\mu} \frac{y}{h} \right) \right]$$

Si nous considérons une valeur déterminée de z , la valeur moyenne de P pour toute la largeur du canal est :

$$\bar{P} = \frac{1}{2y_0} \int_{-y_0}^{+y_0} P dy = \sum_{\mu} \left[Z_{\mu} \frac{\sin \left(r_{\mu} \frac{y_0}{h} \right)}{r_{\mu} \frac{y_0}{h}} \right]$$

En introduisant les notations S et $\bar{P}$ dans la valeur de U , celle-ci devient :

$$(29) \quad U = 2hS \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\bar{P} \frac{\sin m_{\lambda} \cos \left(m_{\lambda} \frac{z}{h} \right) dz}{m_{\lambda}^3 (m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda})} \right].$$

L'épaisseur d'un glacier est toujours très faible relativement à sa largeur; les variations de vitesse et de pression suivant l'épaisseur z seront donc peu sensibles et auront beaucoup moins d'influence sur le débit que les variations suivant y . Nous ne commettrons donc pas une erreur sensible en remplaçant $\bar{P}$ qui est fonction de z par la valeur moyenne $\bar{\bar{P}}$ de P pour toute la section S . Cette hypothèse revient à supposer que la pression ne varie pas avec z tandis qu'elle est une fonction quelconque de y . Ceci étant admis, nous pouvons effectuer l'intégration par rapport à z et nous avons :

$$(30) \quad U = h^3 S \bar{\bar{P}} \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{2 \sin^3 m_{\lambda}}{m_{\lambda}^3 (m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda})} \right].$$

Rappelons que les m_{λ} sont les racines positives de l'équation (15)

$$m \operatorname{tg} m = s.$$

La série renfermée dans la valeur de U est donc une fonction bien déterminée de la seule variable s et nous pouvons poser

$$\sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{2 \sin^3 m_{\lambda}}{m_{\lambda}^3 (m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda})} \right] = \varphi(s).$$

Cette fonction est très facile à déterminer au moyen des données mêmes de notre problème. Pour y arriver remarquons d'abord que l'équation (30) est absolument exacte comme formule mathématique résultant de l'équation (9), si P est indépendant de z , et à plus forte raison si P est constant. Mais pour cas où P est constant, nous avons trouvé une autre forme de v , voir :

$$v = \frac{1}{2} h^3 P \left[\left(1 + \frac{2}{3} \right) - \left(\frac{z}{h} \right)^2 \right].$$

us tirons de là une nouvelle expression du débit :

$$\begin{aligned} U &= \int_{-y_0}^{+y_0} dy \int_0^h v dz = \\ &= 2 h^3 y_0 P \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{s} \right) \\ U &= h^3 S P \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{s} \right). \end{aligned}$$

cette valeur de U doit être identique à celle qui est donnée la formule (33); il s'ensuit que :

$$\varphi(s) = \frac{1}{3} + \frac{1}{s}$$

l que soit (s). En substituant cette valeur dans l'équation (30), devient :

$$R = h^3 S \bar{P} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{s} \right).$$

s d'après la formule (15),

$$s = \frac{f h^3 \cos \alpha}{K}.$$

conséquent :

$$U = S \bar{P} \left(\frac{h^3}{3} + \frac{K}{f \cos \alpha} \right).$$

s avons posé

$$\sin \lambda - \frac{1}{g A} \frac{\partial p}{\partial x} = K P.$$

Si donc, nous représentons par p' la valeur moyenne de $\frac{\partial p}{\partial x}$, aurons :

$$\sin \alpha - \frac{p'}{gA} = K\bar{P}$$

et U est en définitive représenté par la formule

$$(31) \quad U = \left(\frac{h^2}{3K} + \frac{1}{f \cos \alpha} \right) \left(\sin \alpha - \frac{p'}{gA} \right) S.$$

Le quotient du débit U par l'aire S de la section donne vitesse moyenne v^* ; donc

$$(32) \quad v^* = \left(\frac{h^2}{3K} + \frac{1}{f \cos \alpha} \right) \left(\sin \alpha - \frac{p'}{gA} \right).$$

La simplicité de ces deux dernières formules est remarquable étant donnée leur généralité; pour les établir, nous avons supposé que la pression était une fonction quelconque mais il est vrai qu'elle ne variait pas avec z .

Nous allons appliquer ces derniers résultats à l'écoulement de la glace renfermée dans un canal rectangulaire droit de section constante S. Soit (fig. 5) ABCD A'B'C'D' ce canal. Nous représenterons par l sa longueur, par h sa hauteur, par s la surface ABCD, par α son angle d'inclinaison. U étant son débit, exprimé par la formule (31) :

$$(31) \quad U = \left(\frac{h^2}{3K} + \frac{1}{f \cos \alpha} \right) \left(\sin \alpha - \frac{p'}{gA} \right) S.$$

Rappelons que f et $F = gA/K$ sont les coefficients de frottement interne et externe, A la densité de la glace et g la gravité. Dans notre cas particulier, nous savons que toutes les quantités qui entrent dans la formule ci-dessus, à l'exception de p' , sont des constantes; p' doit donc lui-même être constant. Il suffit donc si nous représentons par P_1 et P_2 les pressions totales agissant sur les extrémités ABCD et A'B'C'D', p' est donné par la relation :

$$Sp' = \frac{P_2 - P_1}{l}$$

et la formule (31) devient

$$1) \quad U = \left(\frac{h^2}{3K} + \frac{1}{f \cos \alpha} \right) \left(S \sin \alpha - \frac{P_2 - P_1}{g A l} \right).$$

vitesse moyenne aura alors pour valeur

$$2) \quad v^* = \left(\frac{h^2}{3K} + \frac{1}{f \cos \alpha} \right) \left(\sin \alpha - \frac{P_2 - P_1}{\Pi} \right)$$

π représente le poids total de la glace renfermée dans le al.

i la glace était un corps absolument solide, c'est-à-dire inrmable, K serait infini et U serait donc inversement propor- nel à f .

i la glace, étant considérée comme une masse visqueuse, ne sait pas, c'est f qui deviendrait infini et la vitesse moyenne it dans ce cas proportionnelle au carré de l'épaisseur h de la ce.

Dans les applications, c'est toujours un cas intermédiaire re ces deux qui se présente.

CONCLUSION

Si l'on veut appliquer la loi d'écoulement que nous avons ablie à l'étude de la marche des glaciers et obtenir un bon ré- ultat, on se trouve arrêté par l'interprétation mathématique de ux phénomènes qui n'ont été jusqu'à présent qu'insuffisam- ent étudiés; ce sont le tassement des neiges formant le névé, ssement qui est produit en partie par simple compression et partie par le « regel » et l'ablation qui fait particulièrement tir ses effets sur le glacier. S'il ne s'agit que de déterminer vitesse moyenne, on peut faire abstraction des différences vitesses occasionnées par l'ablation et se servir uniquement la vitesse moyenne de chaque filet du glacier; même s'il le ait absolument, il serait possible de tenir compte de ces dif- nces. Il n'en est plus tout à fait de même du tassement des es; ce phénomène ne peut pas encore à l'heure présente être is au calcul et la seule issue qui se présente à nous est, ne nous l'avons déjà dit plus haut, de passer outre, c'est-à- l'admettre que le névé est formé d'une matière incompres- et qu'il a pour toutes ses sections la même vitesse moyenne.

Nous obtiendrons par ce moyen la théorie mathématique d'un phénomène qui se rapprochera beaucoup de l'écoulement d'un glacier, mais dont les formules ne pourront cependant pas servir à des mesures exactes sans avoir été préalablement complétées de manière à tenir compte de phénomènes que nous sommes pour le moment obligé d'écarter et qui n'exercent pas moins une certaine influence sur le mouvement.

Supposons le névé de forme rectangulaire et soient l_1 sa longueur, h_1 son épaisseur, S_1 sa section moyenne, $\mathcal{A}_1$ sa densité, f_1 et K_1 ses coefficients de frottement, U_1 son débit, v_1 sa vitesse moyenne, P , la pression totale que la neige exerce contre la section limite inférieure. Le névé forme un simple canal rectangulaire auquel nous pouvons appliquer la formule (33) qui nous donne le débit :

$$U_1 = \left(\frac{h_1^2}{3K_1} + \frac{1}{f_1 \cos \alpha_1} \right) \left(S_1 \sin \alpha_1 + \frac{P}{g \mathcal{A}_1 l_1} \right).$$

Ici, nous n'avons qu'une seule pression P . Multiplions cette équation par $g \mathcal{A}_1 l_1$ et représentons par M_1 la masse $g \mathcal{A}_1 l_1 S_1$ du névé nous avons :

$$g \mathcal{A}_1 l_1 U_1 = \left(\frac{h_1^2}{3K_1} + \frac{1}{f_1 \cos \alpha_1} \right) (M_1 \sin \alpha_1 + P).$$

Mais

$$U_1 = S_1 v_1$$

et par suite

$$M_1 v_1 = \left(\frac{h_1^2}{3K_1} + \frac{1}{f_1 \cos \alpha_1} \right) (M_1 \sin \alpha_1 + P).$$

En faisant des suppositions tout à fait analogues pour le glacier, et en remarquant que la pression P sur la couche inférieure du névé est la même que celle qui agit sur la couche supérieure du glacier, nous trouverions pour ce dernier la formule suivante :

$$M_2 v_2 = \left(\frac{h_2^2}{3K_2} + \frac{1}{f_2 \cos \alpha_2} \right) (M_2 \sin \alpha_2 - P).$$

Éliminons P entre les deux dernières équations; il vient :

$$(35) \quad \frac{M_1 v_1}{\frac{h_1^2}{3K_1} + \frac{1}{f_1 \cos \alpha_1}} + \frac{M_2 v_2}{\frac{h_2^2}{3K_2} + \frac{1}{f_2 \cos \alpha_2}} = M_1 \sin \alpha_1 + M_2 \sin \alpha_2$$

Un certain rapport doit toujours exister entre les vitesses v_1 du névé et v_2 du glacier; sans l'ablation ce rapport serait simplement l'expression du fait que le débit en masse (masse de neige qui traverse une section pendant l'unité de temps) du névé est égal à celui du glacier. Nous ne nous éloignerons donc pas beaucoup de la vérité en admettant qu'il en est ainsi. Nous poserons par conséquent :

$$A_1 S_1 v_1 = A_2 S_2 v_2.$$

Cette égalité peut être écrite comme suit :

$$\frac{M_1 v_1}{l_1} = \frac{M_2 v_2}{l_2} = Q$$

où l'on tire

$$M_1 v_1 = Q l_1$$

$$M_2 v_2 = Q l_2.$$

L'équation (35) devient ainsi :

$$\left[\frac{l_1}{\frac{h_1^3}{3K_1} + \frac{1}{f_1 \cos \alpha_1}} + \frac{l_2}{\frac{h_2^3}{3K_2} + \frac{1}{f_2 \cos \alpha_2}} \right] = M_1 \sin \alpha_1 + M_2 \sin \alpha_2$$

remplaçant Q par ses valeurs, on obtient les deux formules suivantes :

$$N \frac{v_1}{l_1} = \sin \alpha_1 + \frac{M_2}{M_1} \sin \alpha_2$$

)

$$N \frac{v_2}{l_2} = \frac{M_1}{M_2} \sin \alpha_1 + \sin \alpha_2$$

et lesquelles :

$$N = \frac{l_1}{\frac{h_1^3}{3K_1} + \frac{1}{f_1 \cos \alpha_1}} + \frac{l_2}{\frac{h_2^3}{3K_2} + \frac{1}{f_2 \cos \alpha_2}}$$

Les formules (36) sont le résultat final de nos calculs; elles permettent de calculer la vitesse moyenne du névé et du glacier qu'on connaît leurs dimensions et la nature des matières qui les composent.

Pour se faire une idée claire de la signification de ces formules, il est utile de rechercher ce qu'elles deviendraient pour le cas où la neige du névé aurait la même consistance que la glace du glacier et où le névé et le glacier auraient des sections transversales égales; nous interpréterons cette supposition en posant

$$K_1 = K_2 = K$$

$$f_1 = f_2 = f$$

$$h_1 = h_2 = h$$

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{l_2}{l_1}$$

$$v_1 = v_2 = v.$$

Les deux formules (36) se condensent alors en une seule qui après réductions devient :

$$(37) \quad v = \left(\frac{h^2}{3K} + \frac{1}{f \cos \alpha} \right) \sin \alpha$$

f et K représentent ici les valeurs moyennes à un moment donné des coefficients de frottement externe et interne pour tout le glacier accompagné du névé; h représente l'épaisseur moyenne et α l'inclinaison moyenne du glacier et du névé.

La formule (37) ne donne qu'une idée très imparfaite du mouvement d'un glacier puisqu'il n'arrive jamais que la matière qui constitue le névé soit identique à celle dont est formé le glacier. Si, malgré cela, on cherche à l'interpréter, on voit :

1° Que la vitesse moyenne est indépendante de la longueur du glacier;

2° Qu'elle est proportionnelle à la pente du glacier;

3° Qu'elle augmente avec l'épaisseur du glacier et cela d'autant plus rapidement que cette épaisseur est plus grande.

Ces déductions concordent en gros avec ce que l'on connaît actuellement du mouvement des glaciers et nous font croire que les hypothèses dont nous sommes partis sont fondées. Lorsque les résultats des observations faites sur le glacier du Rhône seront connus, il nous sera possible, nous l'espérons, de leur appliquer nos calculs et d'en déduire des données encore incon-

Fig. 1

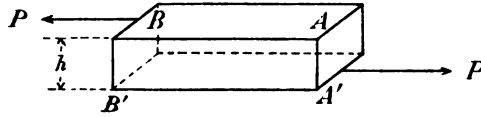


Fig. 2

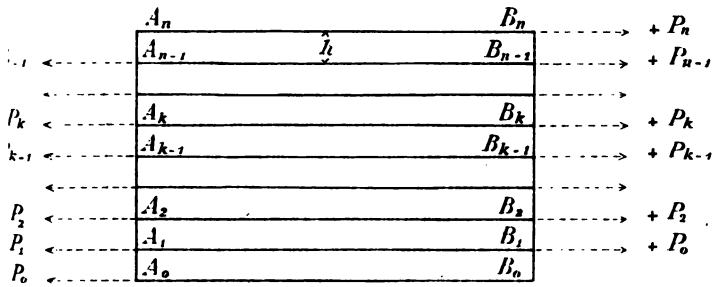


Fig. 3

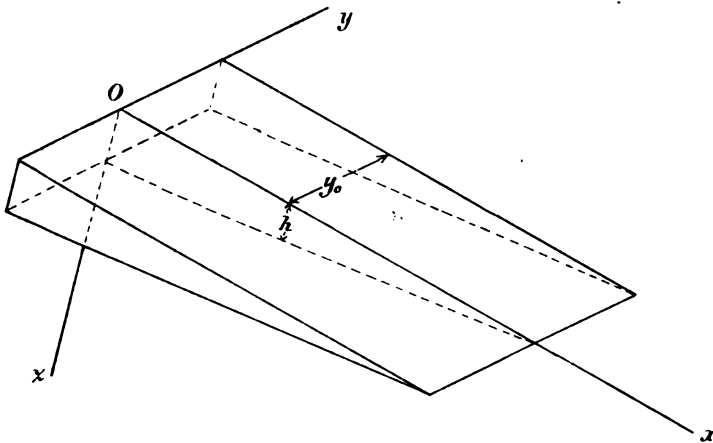


Fig. 4

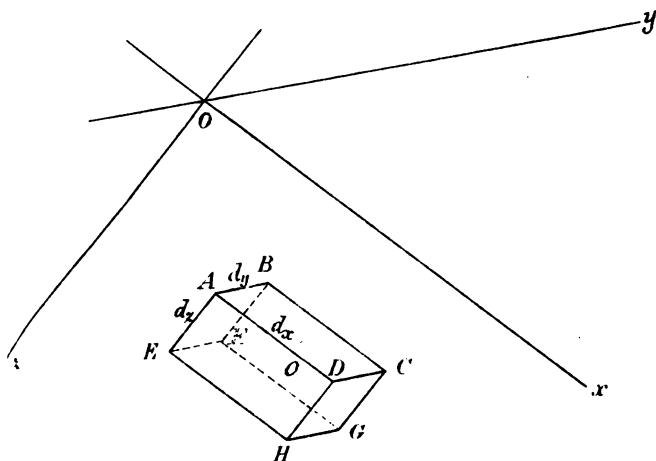
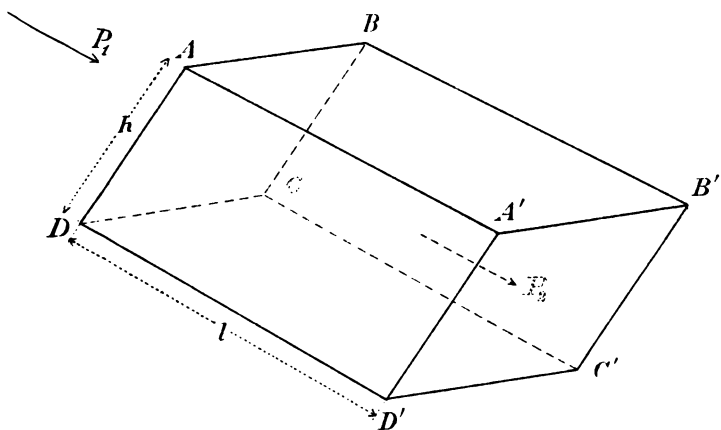


Fig. 5



jusqu'à présent, comme les coefficients de frottement, coefficient du glacier, etc. La formule (25) simplifiée et la formule (36) paraissent devoir être les plus propres à une telle application.

Mais nous ne nous faisons cependant pas d'illusion; comme nous avons déjà dit, ce mémoire est un premier essai sur la théorie mécanique du mouvement des glaciers, et comme tel, il ne peut être que très imparfait, étant donné le peu de connaissances que l'on possède sur la matière. Il peut cependant devenir le point de départ de nouvelles études qui donneront la clef d'une théorie exacte du mouvement des glaciers. Pour arriver à ce résultat, vu la difficulté de ces études, il faudrait la coopération de beaucoup de forces. Les recherches et observations isolées des glaciologistes peuvent sans doute augmenter la liste des connaissances acquises, mais elles n'arriveront que très lentement et partiellement à des découvertes certaines; il faudrait un concours d'études raisonnées faites simultanément en plusieurs points et sur plusieurs glaciers et névés. Le C. A. S. est le mieux placé pour cela et il serait fort à désirer qu'il continuât au moins les études commencées sur le glacier du Rhône et qu'il prît en charge les travaux qui seuls pourront permettre d'appliquer et de vérifier ou de corriger les formules que nous venons de donner à la phase de crue qui se prépare devant fournir des observations qui se prêteront mieux à cette application. Nous comptons sur nos voix autorisées pour soutenir son ardeur et son zèle pour l'œuvre d'un si grand intérêt pour la science moderne.

Observations phénologiques sur la floraison des Perce-neige,

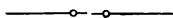
par M. F.-A. FOREL

Pendant une série de 12 années, j'ai noté l'apparition de première fleur d'une touffe de Perce-neige (*Galanthus nivalis*) plantée dans un jardin situé au bord du lac, au milieu de la rue de Morges (rue du Lac, n° 49). Ces observations ont été interrompues dans l'hiver de 1888 par la vente et le bouleverser du jardin; elles suffisent cependant à montrer les différences considérables dans les conditions de ces quelques années.

Année.	Floraison.	Différence de la moyenne.
1876	22 février.	+ 1 jour.
1877	8 »	— 13 »
1878	20 »	— 1 »
1879	22 »	+ 1 »
1880	29 »	+ 8 »
1881	20 »	— 1 »
1882	21 »	0 »
1883	10 »	— 11 »
1884	6 »	— 15 »
1885	23 »	+ 2 »
1886	4 mars.	+ 11 »
1887	11 »	+ 18 »

La date moyenne est le 21 février; la date la plus hâtive de la série a été le 6 février (1884), la plus tardive le 11 mars (1887). La différence entre ces extrêmes est de 33 jours.

L'action modératrice de la température du lac a été surtout sensible dans les hivers froids. Alors la floraison de mes Perce-neige devançait celle d'autres jardins situés à plus grande distance du lac. Dans les hivers peu froids, au contraire, mes Perce-neige étaient en retard.



RÉSUMÉ ANNUEL

DES

OBSERVATIONS PLUVIOMÉTRIQUES

faites par les stations de la vallée du lac de Joux, en 1887,

PAR

L. GAUTHIER

Pl. IV.

Sous l'inspiration de M. H. Pittier, notre ami et regretté collègue, et alors que notre Société vaudoise, par l'organe de M. le professeur H. Dufour, créait de nouveaux postes d'observation dans le canton, mon prédécesseur, M. Ganty, actuellement à l'institut Henchoz, avait établi, en 1884, cinq stations pluviométriques dans notre contrée : *Mouthe, le Poste des Mines, le Chalet Capt, la Chapelle des Bois et le Sentier (Chez-le-Maitre)*. Disons, à la louange des observateurs persévérants et zélés des trois premiers postes, que depuis 1884 ces stations ont fonctionné régulièrement.

L'instrument de la *Chapelle des Bois* a été perdu, je n'ai retrouvé que l'éprouvette. Bien à regret, je n'ai pu rétablir cette station, pour le moment du moins.

En 1887, nous avons donc les stations suivantes :

Mouthe,	930 ^m d'alt.,	observat ^r M. Cordier,	instituteur.
Poste des Mines,	1374 ^m »	»	M. Correvon, ap. de gend.
Chalet Capt,	1339.1 ^m »	»	M. Thuillard, »
Sentier (Chez-le-M.),	1020 ^m (environ),	»	M. Gauthier, instituteur.

Le quadrilatère compris entre ces stations, de 28 5 km² environ de surface, est traversé dans le sens de sa largeur (3 km.), par les courants dominants SW et NE, et selon sa longueur (12 km.), par le NW et le SE. Il comprend deux parties : des vallées et une chaîne de montagnes ; des forêts et des pâturages non boisés.

Jusqu'à nouvel ordre, nous étudions nos observations sous trois points de vue différents : 1° Comme *région jurassienne*, ré-

sultats comparables à ceux d'autres régions du Jura, de la plaine ou des Alpes ; 2° comme *versants ouest et est*, et 3° comme *région forestière et région de vallée*.

Ces dernières divisions nous serviront à étudier le régime des entonnoirs, espérons-nous, et l'influence d'une belle et splendide forêt, comme celle du Risoux, sur l'état de l'atmosphère.

Mon ancien et bien cher maître, M. Ch. Bertholet, voudra bien nous éclairer de ses conseils et de sa longue expérience de la forêt, pour ce qui concerne ce dernier chef.

Nous nous donnons donc pour tâche, outre le service fédéral, d'utiliser les observations pluviométriques au bénéfice des problèmes nombreux que pose l'étude du régime des eaux superficielles et souterraines de la vallée du lac de Joux.

Qu'il me soit permis de rendre hommage au bienveillant concours de nos collaborateurs, aussi zélés que persévérants dans cette besogne si attachante.

Chacune de nos stations observe : la quantité d'eau ou de neige fondu et la hauteur de chaque chute de neige ; les courants aériens en direction ; l'aspect du ciel et la nébulosité ; les orages, qui sont les phénomènes météorologiques que, par notre position géographique, nous avons le plus particulièrement à étudier, deviendront l'objet d'observations aussi précises et complètes que possible.

Les tables qui suivent donnent les moyennes mensuelles et annuelles des divers objets d'observations, pour les quatre stations :

Hauteurs d'eau par mois et pour l'année.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
Le Sentier	19.7	4.5	181.3	70.0	154.2	70.0	112.6	222.5	82.2	72.5	113.9	220.9	1324.3	110.4
C. Capt.	04.0	16.0	255.0	96.0	240.0	83.0	143.0	224.0	155.0	179.0	127.0	304.0	1886.0	157.2
P. Mines	48.0	13.0	354.0	70.0	212.0	86.0	152.0	256.0	104.0	157.0	130.0	252.5	1834.5	152.9
Mouthc.	21.0	7.0	172.0	65.0	156.0	112.5	132.0	195.5	120.0	149.5	115.0	214.0	1459.5	120.8
Total	152.7	40.5	962.3	301.0	762.2	351.5	539.6	898.0	461.2	558.0	485.9	1206.4	6504.3	541.3
Moyennes	38.17	10.1	240.6	75.2	190.5	87.8	134.9	224.5	115.3	139.5	121.4	301.6	1626.0	135.3

Par saisons, de décembre 1886 à novembre 1887.

	Hiver	Printemps	Été	Automne	Première demi-année	Deuxième demi-année.
Sentier.	364.2	405.5	405.1	268.6	824.6 en 80 j. moy. j. 4.5	499.7 en 70 j. moy. j. 2.74
C. Capt.	420.0	591.0	450.0	461.0	1132.0 » 80 » 6.15	755.0 » 63 » 4.14
P. Mines	459.0	636.0	404.0	391.0	1051.5 » 93 » 5.70	783.0 » 69 » 4.30
Mouthc.	293.0	393.0	440.0	384.5	926.0 » 96 » 5.00	533.5 » 81 » 2.93
Total	1536.2	2025.5	1389.1	1505.1	3934.1 en 349 j. moy. j. 21.35	2571.2 en 283 j. moy. j. 14.11
Moyennes.	384.1	506.4	347.3	376.3	983.5 » 87 » 5.34	642.8 » 71 » 3.53

Chutes maximales.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.
Sentier	6.5 le 5	2.0 le 9	42.0 le 23	17.5 le 7	24.0 le 7	52.0 le 2	21.2 le 5	46.2 le 20	13.5 le 4	16.5 le 4	22.0 le 24	60.0 le 9
C. Capt.	18.0 » »	10.0 » »	2.43.0 » »	34.0 » 14	30.0 » 22	54.0 » »	36.0 » 19	48.0 » 16	27.0 » 4	30.0 » 9	23.0 » 22	65.0 » »
P. Mines	15.0 » »	6.0 » »	9.49.0 » »	15.0 » 7	26.0 le 3, 5	54.0 » »	22.0 » 30	45.0 » »	20.0 » »	38.0 » 10	33.0 » 14	74.0 » 8
Mouthé	4.5 » 4	2.0 » 25	40.0 » »	16.0 » 13	15.5 le 3	47.0 » »	28.0 » 13	43.0 » 13	25.5 » 3	20.5 » »	15.0 » 4	75.5 » 9

La plus forte chute est celle du 9 décembre, de 74 et 75.5mm, au P. Mines et à Mouthé.

Mois de maxima : Mars, juin, août, décembre.

Nombre de jours de chute d'eau.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
Le Sentier	8	3	20	11	22	6	16	11	12	9	15	17	150	12.5
C. Capt.	7	3	17	9	22	5	15	12	10	14	13	16	143	11.8
P. Mines	6	3	18	9	27	6	19	13	10	15	18	18	162	13.5
Mouthé	9	5	19	15	26	7	17	12	13	15	20	19	177	14.8
Total	30	14	74	44	97	24	67	48	45	53	76	70	632	52.6
Moyennes.	7.5	3.5	18.5	11	24	6	17	12	11	13	19	17.5		13.2

Mois de maxima :

Chutes de neige (hauteur en mètres).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total
Le Sentier	—	0.25	0.47	0.16	0.24	—	—	—	—	0.18	0.45	0.74	2.49
C. Capt. .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.00	—
P. Mines .	—	—	1.50	1.35	0.90	—	—	—	—	0.70	0.90	1.70	7.05
Mouthe. .	1.5	0.08	1.03	0.20	—	—	—	—	—	0.62	0.50	0.52	4.01

Nombre de jours de chute de neige.

	Janvier	février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
Le Sentier	7	2	12	3	7	—	—	—	1	8	8	10	58	5
C. Capt. .	7	2	16	8	13	—	—	—	2	7	10	13	88	7
P. Mines .	6	3	16	4	17	—	—	—	3	9	14	14	86	7
Mouthe. .	8	4	13	3	5	—	—	—	—	7	10	13	63	5
Total. .	28	11	57	18	42	—	—	—	6	31	42	50	295	6.4

Chutes maximales de neige (en centimètres).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.
Sentier	1 le 7	5 le 2	13 le 19	15 le 1	15 le 22	—	—	—	—	15 le 24	13 le 22	17 le 19
Mouthe	30 le 4	3 le 19	20 le 26	15 le 1	—	—	—	—	—	15 le 24	10 le 30	10 le 19

Nombre de jours où les vents du nord ont soufflé (NW, N, NE).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
Le Sentier	9	9	8	15	3	13	1	14	11	11	3	6	103	9
C. Capt. .	—	—	5	8	5	18	7	3	8	13	3	9	79	8
P. Mines .	24	13	14	9	2	3	3	2	5	15	1	10	101	8.4
Mouthe .	—	9	4	1	3	14	4	6	10	9	5	8	73	7
Total . .	33	31	31	33	13	48	15	25	34	48	12	33	—	—
Moyennes.	16	10	8	8	3	12	4	6	8.5	12	3	8	—	8

Moyenne annuelle : 8 jours par mois.

Nombre de jours de vents du sud (SW, S, SE).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
Le Sentier	3	2	7	11	4	14	—	11	11	20	15	14	112	10
C. Capt. .	—	—	18	16	25	12	24	27	22	18	27	22	211	21
P. Mines .	7	15	12	12	21	10	28	29	21	16	21	24	216	18
Mouthe .	—	11	20	11	5	12	12	6	5	5	20	21	118	10
Total . .	10	28	57	50	55	48	64	73	59	59	83	81	—	—
Moyennes.	5	9	14	12	14	12	21	18	15	15	21	20	—	14

Moyenne annuelle : 14 jours par mois.

Aspects du ciel (serein, demi-couvert, couvert).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c
Le Sentier	15 3 13 8 7	10 8 13 10 13 7	1 16 14 17 10 3	5 15 6 16 10 5	10 14 5 10 14 5	3 14 13 4 19 14	9 9 18 113 192 113	9 11 9						
C. Capt...	— — —	10 — —	11 — 19	— — 30 16 — 14	4 — 37 11 — 19	9 9 19 3 2 25	2 7 37 79 7 203	8 — 22						
P. Mines.	— — —	16 — 2	9 5 17	8 10 12	— 12 19 18 10 9	— 11 18 9 14 7	7 10 13 5 8 18	5 8 17 5 11 15	89 98 140	8 10 13				
Mouthe...	— — —	15 10 3	10 2 19 13 10 7	9 16 13 14 15 1	13 13 5 19 8 7	11 16 8 9 16 5	7 13 10 9 2 20	119 121 93	10 11 9					
Total...	15 3 13 44 18 13	39 15 49 43 33 45	3 44 76 65 35 30	93 39 56 55 32 88	37 43 40 30 30 61	18 34 63 39 24 71	— — —							
Moyennes	15 3 13 14 9 4	9 5 16 10 11 11	1 14 19 16 13 5	5 13 14 14 11 9	9 10 10 5 7 15	4 8 17 7 6 18	— — —							

Le ciel serein a une nébulosité moyenne plus petite que 3.

» demi-couvert » de 3 à 8.

» couvert » de 8 à 10.

Nébulosité moyenne.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
Le Sentier	5.62	4.10	5.81	5.00	7.59	3.40	5.62	3.93	4.63	7.43	7.23	6.33	66.69	5.56
Mouthe . .	—	3.60	6.57	4.60	6.97	2.80	4.77	3.42	4.23	5.36	5.93	7.19	55.44	5.04
Jours à orage.														
Le Sentier	—	—	1	2	3	4	5	10	2	—	—	—	27	
C. Capt. . .	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	2	
P. Mines . .	—	—	—	—	2	—	16	13	5	—	tonnerre	—	36	
Mouthe . .	—	—	1	—	1	2	10	5	6	—	—	—	25	
Total . .	—	—	1	2	4	3	4	11	5	—	1	—	90	
Orages avant midi : Orages après-midi :														
Le Sentier							4					18		
Les Mines							4					32		
Mouthe							4					20		

21 orages sont communs à 3 stations; 30 orages ont passé sur la région et ont été signalés par les stations; 9 ont passé sur le Sentier, ou sur le Poste des Mines ou sur Mouthe seulement. Le coup de tonnerre signalé par les Mines avant une chute de neige, en novembre, n'a pas été entendu ailleurs. Quant à l'intensité de l'état électrique, nous avons eu au Sentier 2 orages dans la journée du 14 juillet, à 1 $\frac{1}{2}$, et à 8 $\frac{1}{2}$ h. après-midi, et 2 aussi dans celle du 16 août, à 6 $\frac{1}{2}$ h. avant midi et à 2 heures après-midi. A Mouthe, le 4 septembre, 3 orages, à 6 h. avant midi, à 3 h. et à 5 h. après-midi.

La foudre, durant l'orage du 16 août, à 8 h. du matin, à Mouthe, a frappé une croix de pierre datant de 1637. Cette croix se trouvait à environ 40 mètres de l'église de Mouthe. La hauteur du paratonnerre placé au clocher de cette église, prise du niveau du sol à l'extrémité supérieure, est de 40 m. La croix avait environ 7 m. d'élévation. Elle a été réduite en petits morceaux projetés de tous côtés, et quelques-uns à plus de 30 m. Les maisons en bois situées non loin de là n'ont éprouvé aucun dommage matériel.

La grêle est signalée par toutes les stations, mais rarement aux Mines et au Chalet Capt, et les colonnes de grêle traversent la vallée obliquement, soit du N au S, soit de l'WSW à l'ENE.

Phénomènes périodiques.

1^{er} mars, premières alouettes; fin mars, première teinte verte des prés.

24 avril, débâcle des glaces du lac de Joux; fin avril, arrivée des hirondelles.

19 juin, floraison des sapins; 27 juin, du marronnier.

7 août, fin des fenaisons, beaucoup de foin.

15-20 septembre, moisson du seigle et de l'avoine; 27, fleurs de glace sur les vitres des fenêtres du nord; 29, dernières hirondelles, première neige.

23-24 décembre, congélation totale du lac de Joux.

CONCLUSIONS

1° L'année 1887 a été, pour notre région, une année *plus* Les courants du sud ont régné plus souvent que ceux du Le nombre de jours à ciel couvert est plus grand que cel jours à ciel demi-couvert ou serein. Le nombre de jours de d'eau doit être un maximum, car, d'après les observations au Pont par M. S. Rochat, sous la haute surveillance du I tement des travaux publics, le nombre de jours de pluie ou n'a atteint 146 en une année qu'une seule fois depuis 18 1876).

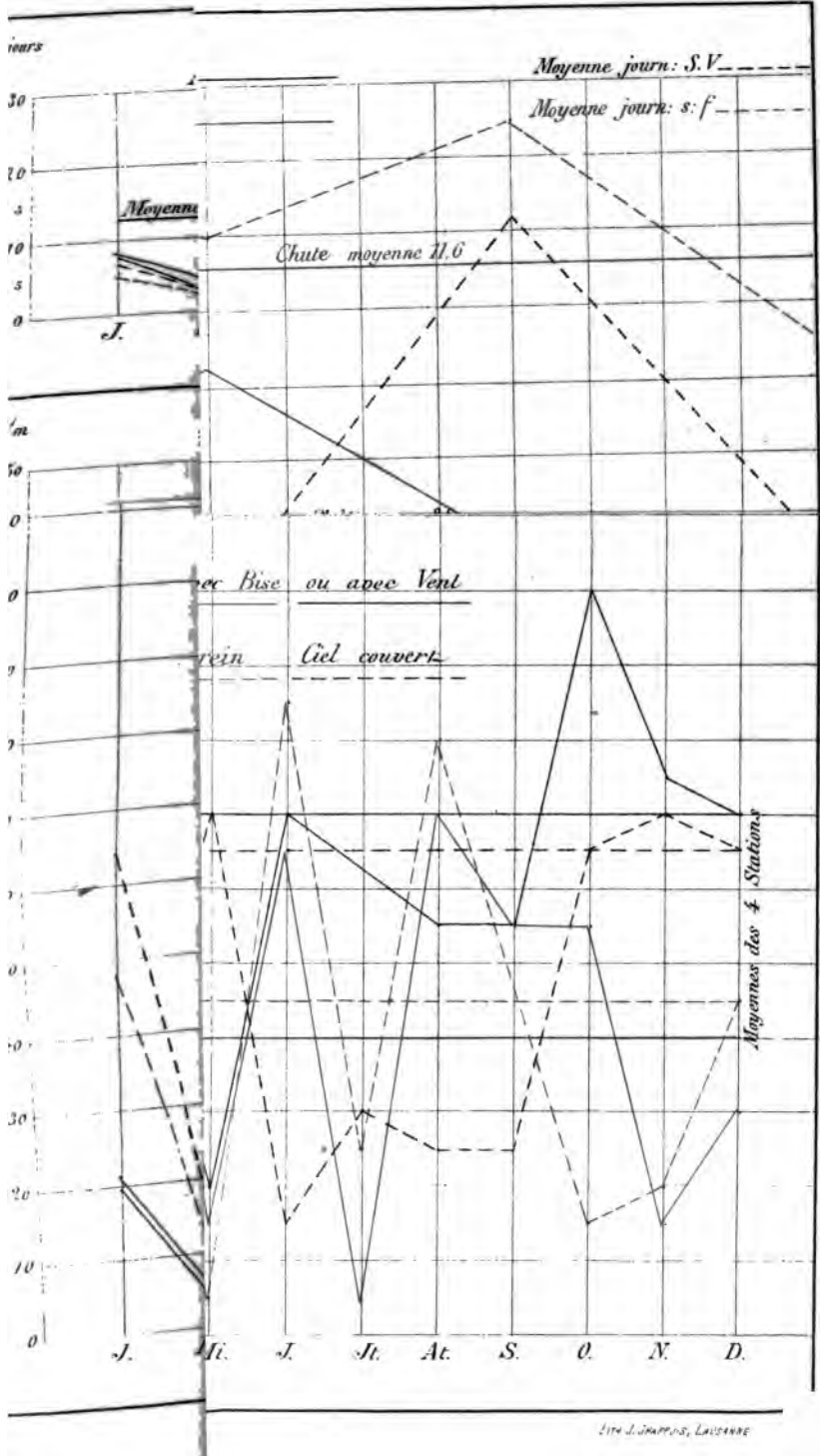
2° Les beaux mois ont été ceux de février et de juin , tésisés par un minimum d'eau et de nébulosité, de jours d et de vent.

3° Les mauvais mois ont été ceux de mai, octobre, nov et décembre, qui présentent un maximum d'eau, de haut neige, de jours de pluie, de vent et de ciel couvert.

4° Mars et septembre se rapprochent le plus de la m annuelle.

5° Il pleut plus fréquemment et davantage au-delà qu'e du Risoux, à l'W qu'à l'E. de la chaîne de montagnes.

6° La forêt du Risoux reçoit 25 % de plus d'eau que l lées qui la bordent à l'est et à l'ouest.



Glaçons de neige tenant sur l'eau du lac Léman,

par M. F.-A. FOREL

Un phénomène, probablement assez fréquent sur d'autres eaux, mais très rare sur notre lac, a été observé les 14 et 15 février 1888; c'est la *prise* de la neige sur l'eau. Une abondante chute de neige verse sur l'eau froide des flocons sans cesse renouvelés; les premiers cristaux de neige se mouillent, fondent, amènent la couche superficielle à zéro degré, et ralentissent assez la fusion de leurs successeurs pour que ceux-ci persistent jusqu'après la chute de nouveaux flocons. Il se forme bientôt à la surface de l'eau une crème blanchâtre, couleur de neige mouillée; de larges plaques, glaçons inconsistants, mous, flexibles, accumulés en certains points par le jeu des vagues et des courants, recouvrent l'eau d'une couche plus ou moins continue. Un corps solide la traverse sans difficulté en laissant un trou.

Pour que l'apparition puisse se produire, il faut :

- a) Que l'eau soit froide, près de 0° ou tout au moins de 4°; nous reviendrons sur ce point;
- b) Que la chute de neige soit considérable et pressée;
- c) Que l'eau soit au calme plat.

Ces conditions étaient représentées sur le lac Léman, quand le 14 février, vers 9 heures du matin, une violente chute de neige a fait blanchir toute notre vallée. Dès 4 heures du soir, j'ai vu le port de Morges couvert des *glaçons de neige* que je viens de décrire; ils ont persisté jusqu'au lendemain matin. Le même phénomène a été vu :

Dans les ports fermés de Morges, la Tour-de-Peilz, Genève, Ouchy (nouveau port).

Dans les ports largement ouverts du Bouveret, d'Ouchy (vieux port), de Rolle.

Au fond des deux golfes de Morges (golfe des Roseaux et golfe du Parc).

Enfin, ce qui est plus étrange encore, en plein lac, de la Belotte à Tougues et à Yvoire, le long de la rive, et jusqu'à 100 ou 200 mètres en avant; au-delà du *mont*, m'ont affirmé les capitaines et pilotes des bateaux à vapeur le *Jura* et l'*Aigle*.

Semblable apparition s'est reproduite sur le port de Morges, le 21 février.

On avait observé un fait analogue, le 10 février 1880, dans le Petit-lac, entre Genthod, la Belotte et Genève ¹.

Les apparitions de glaçons de neige du 10 février 1880 et du 21 février 1888 sont assez normales. Ces jours-là l'eau du Petit-lac, près de Genève, et celle du port de Morges étaient très refroidies par la température basse des jours précédents; elle était au-dessous de 4°, et la stratification inverse de l'eau, au-dessous du maximum de densité, était régulière. Le 21 février 1888, j'ai mesuré dans le port de Morges :

Surface.	0.0°.
A 0.6 mètre de profondeur	+ 2.3
1 " "	+ 2.6
2 " "	+ 2.8

Mais le 14 février il en était tout autrement.

Le 7 février, la température profonde du Grand-lac, mesurée par moi-même devant Morges, à 120 mètres de profondeur, était 5.0°; la température superficielle 5.2°. Jusqu'au 13 février, le temps a été relativement doux, et le lac ne s'est certainement pas refroidi. La journée du 13 février a été splendide, une des plus belles journées de l'hiver. Les mesures de température prises à midi dans le port de Genève, à un mètre sous la surface, ont donné :

13 février	+ 5.0°
14 "	+ 5.0°

Nous pouvons donc affirmer que le 14, au matin, l'eau du lac était au moins à 5.0°.

C'est donc sur de l'eau au-dessus du maximum de densité que la neige tombait, et n'a pas tardé à tenir.

La chute de neige a-t-elle été assez puissante pour refroidir jusqu'à 4° les points du lac où les glaçons de neige ont été observés? Je ne le crois pas.

Les observatoires de Genève et de Lausanne ont mesuré la quantité de neige tombée dans les 24 heures, du 14 au 15 février, et l'ont trouvée de 10.8 à 15^{mm} d'eau. Supposons que jusqu'à 4 h. du soir, heure où le phénomène a été constaté sur le

¹ F.-A. Forel. La congélation des lacs suisses et savoyards. *Echo des Alpes*, XVI, 155. Genève, 1880.

lac, la moitié de cette chute ait eu lieu, et évaluons-là à 8^{mm} d'eau de neige. Cette neige en fondant dans l'eau aura absorbé de la chaleur et refroidi le lac. A 80 calories pour la chaleur latente de la glace, une couche de neige de 8^{mm} d'eau aurait pu abaisser d'un degré, et ramener de 5° à 4° une couche d'eau de 64 centimètres du lac, mais pas plus. Or dans toutes les localités où les glaçons de neige ont été vus, la profondeur du lac était de 2 mètres au moins, de 4 mètres et plus. Il me paraît donc impossible que la chute de neige ait ramené à 4° toute la couche d'eau sous-jacente à nos glaçons de neige.

Nous avons donc à considérer la superposition très anormale que voici :

A la surface, glaçons de neige à 0°

Eau profonde, près de 5°

C'est là une stratification thermique tout-à-fait extraordinaire. En effet, on rencontre dans la nature :

Ou bien la *stratification directe* dans laquelle le fond de l'eau est à 4° et les couches supérieures sont plus chaudes, ou bien la *stratification inverse*, dans laquelle le fond est à 4° et les couches supérieures sont plus froides.

Mais trouver sur la même tranche verticale une stratification qui de la surface au fond a dû présenter la série suivante : 0°, 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 4°, c'est-à-dire à la surface la stratification inverse et au fond la stratification directe, c'est là un fait que, pour mon compte, je n'ai jamais rencontré, que j'aurais même tenu pour impossible.

Et cependant le fait est possible. L'équilibre dans ces conditions est encore stable. En effet, la densité de l'eau à 0° est plus faible que celle de l'eau à 5°; la première doit donc flotter sur la seconde. Il n'y a dans une telle stratification qu'une seule cause d'instabilité, c'est la présence d'une couche entre 3° et 4° superposée à une couche de 5°. Mais en admettant que cette couche d'eau lourde était extrêmement mince, et en faisant attention que la couche d'eau de fusion se reproduisait sans cesse par la chute continue de la neige, on peut comprendre comment l'équilibre ait pu se maintenir, ou se rétablir sans cesse.

Ce fait est cependant très curieux et intéressant à noter; il est l'un des plus compliqués que puisse présenter la stratification thermique de l'eau.

DISCOURS

prononcé par M. Ch. DUFOUR, Président de la Soc. Vaud. des Sc. Nat.,
à l'ouverture de la séance annuelle du 15 juin 1887.

Messieurs,

Depuis votre dernière assemblée annuelle à Orbe, la Société vaudoise des Sciences naturelles a continué sa vie scientifique, comme elle la poursuivait depuis quelques années.

Elle a eu, dès lors, 16 séances, 10 de jour et 6 le soir. Il a paru 2 bulletins, les n° 94 et 95.

Mais, comme toujours aussi, la mort a fait dans nos rangs des vides regrettables. Nous avons perdu d'abord M. Tzaut, connu par son dévouement et son enseignement distingué, qui, jeune encore, a été enlevé à sa famille et à ses amis. M. Forel, ancien président de la Société d'histoire, qui témoignait aussi à notre Société l'intérêt qu'il portait à toutes les questions scientifiques; puis tout récemment, M. le docteur Jaïn, dont l'intérêt pour la science ne s'est éteint qu'avec la vie; car dans les derniers temps encore, nous avons vu cet homme déjà âgé, demeurant hors de Lausanne, et qui cependant, appuyé sur deux bâtons, assistait régulièrement à nos séances.

Dans le nombre des personnes portant un vif intérêt aux questions scientifiques, qui ont fait partie autrefois de notre Société, mais qui s'en sont retirées pour une cause quelconque, il faut citer M. Eugène Rambert, le professeur excellent, le littérateur aimé, mais aussi l'ami de la nature; celui qui non-seulement a si bien décrit ces Alpes qu'il chérissait, mais qui a apporté dans l'étude de leur flore cet esprit judicieux et persévérant qui fait faire des progrès à la science.

Puis c'est Jean-Louis Thomas, le descendant de cet Abraham Thomas, ami et collaborateur du grand Haller, et l'auteur de cette dynastie de Thomas qui, avec de Charpentier, ont fait si brillamment connaître, dans le monde scientifique, le beau village de Bex où s'est déployée leur activité.

Dans la liste de nos membres honoraires, les vides, sans être bien nombreux, nous ont néanmoins été fort sensibles.

Au mois de septembre, nous perdions M. Elie Wartmann, au-

trefois notre professeur à l'Académie de Lausanne, mais attaché, depuis lors, comme professeur de physique à l'Université de Genève, où il déployait une grande activité, soit pour des recherches de science pure, soit pour l'application de la science aux principales industries de notre pays.

Puis au mois de mai, c'était le doyen de la Société helvétique des Sciences naturelles, le vénérable professeur Bernard Studer, depuis plus de 40 ans membre honoraire de notre Société, qui terminait à Berne une carrière exceptionnellement longue et exceptionnellement bien remplie.

Nous savons que nous avons perdu avec lui le dernier de ces hommes qui, il y a 72 ans, fondèrent à Genève la Société helvétique des Sciences naturelles. Ceux qui, 50 ans plus tard, en 1865, retournèrent dans la même ville célébrer le jubilé demi-séculaire de cette fondation, étaient émus en entendant M. Studer nous retracer, dans le même local, les détails de ce qui s'y était passé en 1815, lorsque la Société helvétique des Sciences naturelles y fut créée; et lui-même, retrouvant là un de ses beaux souvenirs de jeunesse, nous rappelait avec vigueur les paroles chaleureuses prononcées en cette occasion par M. Gosse; entre autres sa belle invocation au génie de Linné, dont la haute intelligence était considérée alors comme l'idéal qui devait servir de modèle pour tous les travaux scientifiques.

Conformément à la décision que vous avez prise dans votre séance du 4 mai, au nom de la Société vaudoise des Sciences naturelles, j'ai écrit à la famille de M. Studer, pour lui dire combien nous prenions part à la perte que venait de faire la science et la patrie.

Depuis une année, nous avons décidé d'échanger nos bulletins contre les publications de l'Institut royal météorologique de Prusse, et contre celles de la Société impériale russe de géographie.

Vous savez que depuis de nombreuses années, la station météorologique de Lausanne, si bien dirigée par M. Hirzel et par M. le professeur Marguet, était subventionnée par notre Société. A l'avenir il n'en sera plus ainsi. Tout ce service sera transporté à la station agricole du Champ-de-l'Air. L'Etat s'est chargé d'assurer sa bonne marche, et a désigné comme directeur M. le professeur Henri Dufour. De cette manière, à l'avenir, notre budget aura cette dépense de moins à supporter.

C'est fort heureux, car malheureusement pendant l'année

la germination d'une oospore de *Chara* qui avait passé l'hiver dans de la vase prise en automne 1887 dans le lac de Bret. Le carpogonium qui renfermait l'oospore était devenu noir. L'oospore développait en germant un protonema formant d'abord une cellule cylindrique de 2.5 centimètres de longueur; à sa partie supérieure se développait plus tard la pointe du protonema, formant un prolongement latéral cloisonné. La jeune plante obtenue par cette germination, avec ses rhizoïdes et ses premières feuilles, était identique avec celle de *Chara fragilis* que Sachs a représentée d'après Pringsheim dans son *Lehrbuch der Botanik* (4^e édit., 1874, p. 295).

C'est dans la cellule allongée du protonema de *Chara fragilis* que j'ai pu observer la rotation du protoplasma aussi bien que dans les cellules internodales de *Nitella hyalina*. Les grains de chlorophylle se développent d'abord dans la partie supérieure de la cellule allongée, tandis que la partie inférieure renferme encore du protoplasma incolore. A l'intérieur de la paroi cellulaire se différencie une mince couche de protoplasma inerte, sans mouvement; les grains de chlorophylle sont fixés à la face intérieure de cette couche, qui se trouve en repos. A l'intérieur de ce protoplasma inerte se trouve une couche de protoplasma relativement épaisse qui exécute son mouvement de rotation. Plus tard cette couche se différencie en une partie extérieure plus dense et une partie intérieure plus fluide. C'est dans le courant de la partie la plus fluide que nagent des corps plasmatiques ordinairement de forme globuleuse, quelquefois hérissés de petites protubérances (Wimperkörperchen, Sachs), sur le rôle desquels on ne connaît encore rien. Il ne faut pas confondre ces corps plasmatiques avec les noyaux cellulaires mentionnés par Strasburger, qui, en se divisant, présentent quelquefois un aspect moniliforme.

Comme Nägeli l'a observé, le courant rotatoire montre son maximum de vitesse dans la partie du protoplasma qui se trouve à l'intérieur de la couche plasmatique inerte, tandis que la vitesse diminue vers l'intérieur. Nous voyons ici la différence qui existe entre un liquide coulant sous l'influence de la pesanteur et le protoplasma vivant qui se meut par des forces indépendantes de la pesanteur. Ce fait explique pourquoi les corps plasmatiques qui nagent dans la couche intérieure plus riche en eau, se devancent les uns les autres, lorsque par leur surface ils plongent dans des courants rotatoires de vitesse différente.

D'après Pfeffer (Pflanzenphysiologie, II, 390), des actions mécaniques et électriques provoquent dans le protoplasma en mouvement une tendance à la séparation de masses plasmatiques, sans ralentir toujours le mouvement. Des actions semblables pourraient contribuer à la formation des corps plasmatiques qui se différencient de la couche plasmatique extérieure. Lorsqu'on plie une cellule internodale de *Chara*, le protoplasma se divise en deux ou plusieurs corps plasmatiques. On serait tenté de trouver une certaine analogie avec ce qui se passe dans les tentacules de *Drosera*.

A mesure que les tentacules de *Drosera rotundifolia* se courbent sous l'influence d'une irritation mécanique ou chimique, le contenu des cellules qui se trouvent sous l'influence de cette irritation se trouble subitement par la séparation de fines particules qui se groupent peu à peu en masses globuleuses formées principalement de matières albumineuses, colorées en rouge par la matière colorante dissoute dans le liquide intracellulaire. Pendant tout ce temps le protoplasma pariétal continue son mouvement rotatoire. (Pfeffer, loc. cit.)

Malgré l'analogie que présente le phénomène précédent avec la formation des masses plasmatiques dans les cellules de *Chara*, il faut bien observer que dans les cellules des tentacules de *Drosera*, les masses albumineuses se forment dans le liquide intracellulaire, tandis que le protoplasma vivant des courants pariétaux reste incolore et ne participe pas directement à la formation des masses albumineuses.

Lorsqu'on place une solution très diluée de violet de gentiane sur une partie limitée de la cellule allongée du protonema de *Chara fragilis*, celle-ci se colore en violet pâle, tandis que les boules, semblables à des leucoplastes, se colorent en violet plus foncé. Au commencement de cette coloration, le courant plasmatique continue encore. Les boules colorées en violet sont entraînées par le protoplasma dans la partie de la cellule qui n'est pas colorée. Lorsqu'on coupe cette partie de la cellule, les boules colorées sortent avec le protoplasma.

Lorsqu'on examine les différents facteurs qui jouent un rôle dans les mouvements du protoplasma, on en trouve un dont l'influence est parfaitement constatée : c'est la respiration. Toutes les fois qu'on exclut l'oxygène pendant la respiration d'une plante, le mouvement du protoplasma s'arrête, quand même la plante se trouve éclairée (Pringsheim). On obtient ce résultat

en plongeant les plantes dans des gaz irrespirables, par exemple l'hydrogène, l'azote, etc. Mais il est assez difficile d'exclure ainsi l'oxygène d'une manière absolue. Pour mieux atteindre ce but, j'ai plongé les plantes dans lesquelles on observait le mouvement plasmatique d'une manière très prononcée, dans de la fine huile d'olive. Dans ce cas, le mouvement du protoplasma s'arrête rapidement¹. Lorsqu'on fait cette expérience avec le protonema de *Chara fragilis*, non-seulement le mouvement rotatoire cesse, mais les boules plasmatiques qui nageaient dans la couche la plus fluide du protoplasma présentent alors un aspect granuleux et une fine pellicule se sépare de la partie compacte.

Dans les cellules des feuilles d'*Elodea canadensis* détachées de la plante et sorties de l'eau, le mouvement rotatoire du protoplasma continue aussi longtemps que la feuille est encore mouillée; à mesure qu'on enlève l'eau qui la recouvre à l'aide d'un fin papier buvard, sans exercer de pression, le mouvement se ralentit, et lorsque l'eau a été entièrement enlevée, il s'arrête complètement, quand même la feuille se trouve en contact avec l'air. Non-seulement il y a arrêt complet du mouvement, mais les grains de chlorophylle se groupent en masse. Les plantes aquatiques respirent par conséquent en absorbant l'oxygène qui se trouve en solution dans l'eau, comme les animaux qui respirent par des branchies. Le mouvement plasmatique s'arrête même dans les feuilles d'*Elodea* encore attachées à la tige lorsque celle-ci est en partie émergée.

Une tige feuillée d'*Elodea* coupée à sa partie inférieure de 18 cm. de longueur, fut émergée sur une longueur de 5 cm. Bientôt les feuilles émergées se flétrirent et le mouvement rotatoire cessa dans leurs cellules, tandis qu'il continuait dans les feuilles immergées. Lorsqu'on plonge des grains de pollen de *Narcissus poeticus* dans le mucus qui s'écoule de la hampe coupée, le tube pollinique commence à se former au bout d'une demi-heure dans le mucus qui se trouve à l'air, tandis qu'on n'en voit alors aucune trace dans celui qui est couvert par un verrelet. Les tubes polliniques s'allongent dans le premier cas presque à vue d'œil et dans leur intérieur se montrent des courants plasmatiques. La concentration du mucus est maintenue

¹ J'ai vu par une note de Pfeffer (Pflanzenphysiologie, 391) que Hofmeister et Kühne avaient produit l'arrêt du mouvement plasmatique en employant la même méthode.

également dans les deux cas. L'air joue donc ici un rôle dans le mouvement du protoplasma et dans l'allongement du tube pollinique.

Nous ignorons la cause mécanique, physique ou chimique qui produit le mouvement du protoplasma; mais nous avons vu que ce mouvement est une fonction vitale dépendant de la respiration, c'est-à-dire de l'action chimique de l'oxygène. Parmi les autres facteurs qui influent sur ce phénomène, nous trouvons la chaleur. On observe un minimum, un optimum et un maximum de température, au-dessous et au-delà desquels tout mouvement plasmatique s'arrête. Or, abstraction faite de la chaleur venant du dehors, la chaleur produite dans les cellules végétales dépend en partie de la respiration, c'est-à-dire de la combinaison de l'oxygène et du carbone. Quelles que soient les autres sources de forces vives qui agissent dans la plante, il est évident que la respiration produit dans la cellule végétale une provision de force vive servant au travail qui s'opère dans la cellule et à la production de chaleur.

Supposons que, par la respiration, il se produise un centimètre cube de CO_2 , il en résulterait pour la plante une provision de force égale à 1987725 gramme-millimètres, c'est-à-dire une force capable d'élever un gramme à la hauteur de 1987 mètres (Reinke). Quand même une cellule végétale n'utiliserait qu'une minime partie de cette force, celle-ci serait bien suffisante pour contribuer au mouvement du protoplasma en changeant continuellement son équilibre chimique.

Le protoplasma est un corps vivant qui est le siège de forces chimiques, physiques, mécaniques qui se manifestent d'une certaine manière pendant la vie, mais qui ne constituent pas la vie elle-même; ces mêmes forces se manifestent tout autrement dans le protoplasma mort. Les forces mécaniques, chimiques et physiques, se manifestent dans l'organisme vivant sous une forme toute particulière que nous désignons par le nom d'irritabilité, c'est-à-dire la propriété de réagir contre toute excitation.

Le protoplasma vivant possède cette propriété, et c'est grâce à l'irritabilité que les actions dont nous venons de parler provoquent son mouvement, comme des actions de même nature produisent la contraction de la fibre musculaire irritable, contraction sur laquelle la chaleur, la présence de l'oxygène, etc., exercent une influence comme sur le mouvement du protoplasma.

Mais, malgré tout cela, nous ignorons encore la cause réelle de la contraction musculaire, autant que nous ignorons celle du mouvement du protoplasma dans une cellule, d'une zoospore qui nage dans l'eau, ou d'un spermatozoïde qui, après avoir quitté l'antheridium, traverse l'eau pour pénétrer dans l'oosphère de l'archegonium.

Le pourquoi, la cause réelle d'un grand nombre de phénomènes de la physiologie végétale nous échappe encore complètement.

NOTE

sur une nouvelle forme d'hygromètre à condensation,

par Henri DUFOUR, prof. à l'Académie de Lausanne.

Pl. V.

L'hygromètre à condensation a subi bien des modifications entre les mains des physiciens; presque toutes ont eu pour objet d'augmenter la facilité d'appréciation du moment où commence le dépôt de rosée ou du moment où il disparaît. L'emploi de surfaces métalliques polies, proposé par Régnault, et l'observation facile du contraste entre l'éclat d'une surface polie sèche et l'aspect terne de cette surface lorsque la rosée commence à se déposer, permettent d'apprécier facilement les diverses phases de la condensation dans les appareils de Régnault et de M. Alluard¹.

La construction d'hygromètre à condensation intérieure tel que celui de M. Crova² est un nouveau progrès accompli, et ce n'est pas l'un des moindres; avec l'hygromètre de M. Crova, l'observateur peut se placer à une certaine distance de la masse d'air dont il veut mesurer l'état hygrométrique, cet air peut circuler toujours avec la même vitesse près de la surface polie

¹ *Journal de physique*, 1878. Vol. VII, p. 328.

² *Journal de physique*, 1883. Vol. II, 2^{me} série, p. 166.

et froide, puisque cette surface recouvre l'intérieur du tube même dans lequel passe l'air; il en résulte que l'influence de l'état de repos ou de mouvement de la masse d'air extérieur n'intervient plus, aussi croyons-nous que les hygromètres à condensation intérieure se répandront de plus en plus dans les observatoires météorologiques.

Ce sont les qualités de ces instruments qui nous ont engagé, au cours de recherches sur les propriétés des substances hygrométriques, à donner à l'hygromètre à condensation intérieure une forme nouvelle qui nous paraît présenter certains avantages sur celles proposées jusqu'ici.

A côté de la facilité et de l'exactitude de l'observation de l'état de la surface polie sur laquelle s'opère la condensation, un bon hygromètre à condensation doit présenter une seconde qualité non moins nécessaire, c'est que la température indiquée par le thermomètre donnant le point de rosée soit bien celle de la surface sur laquelle cette rosée est observée. Or, il nous semble que, de ce côté-là, la plupart des hygromètres à condensation laissent à désirer. Ordinairement le thermomètre plonge dans le liquide volatil, dont l'évaporation rapide détermine l'abaissement de température des surfaces métalliques qui l'entourent. Ce liquide, malgré l'agitation dont il est le siège par le fait du passage du courant d'air destiné à le vaporiser, a des températures variables d'un point à l'autre et surtout très rapidement variables d'une seconde à l'autre, tandis que la surface polie a une température qui suit avec un certain retard celle du liquide. Il y a donc avantage, nous semble-t-il, à placer le thermomètre *dans l'intérieur même de la masse métallique sur laquelle se fait la condensation*. La température indiquée, dans ces conditions, par l'instrument, se rapproche beaucoup alors de celle de la surface polie, surtout si la masse métallique est très conductrice et assez volumineuse. C'est guidé par ces considérations que nous avons construit l'hygromètre à condensation que nous allons décrire.

L'instrument (pl. V, fig. 1) se compose d'une boîte cylindrique AA de 6 centimètres de diamètre sur 6 centimètres de hauteur; sur les côtés du cylindre sont fixés trois tubes B, B et C de 2.5 c. de diamètre; les axes des tubes B, B sont sur un même diamètre, tandis que C a son axe perpendiculaire à l'axe commun des deux autres. Les tubes B, B sont fermés extérieurement l'un par une glace dépolie, l'autre par une glace transpa-

rente; le tube C est, comme dans l'appareil de M. Crova, muni d'une loupe. Les deux tubes B, B, portent en outre les deux tubulures latérales T, T dont l'une est mise en communication avec un aspirateur quelconque, et l'autre avec l'air dont on veut déterminer le degré hygrométrique.

Le couvercle D de cette boîte cylindrique est percé d'une ouverture rectangulaire de 2.8 c. de côté, dans laquelle sont soudés l'appareil de condensation et le réservoir du liquide volatil. Cet appareil se compose d'une boîte prismatique de 9 c. de hauteur sur 2.8 c. de côté, cette boîte dépasse de 3 c. la face supérieure du couvercle et plonge de 6 c. dans l'intérieur du cylindre AA. La face antérieure de ce prisme est dans le plan de l'axe des tubes B, B; c'est-à-dire sur le diamètre du cylindre. La face postérieure et les deux faces latérales sont en laiton, tandis que la face antérieure est en cuivre argenté; elle est formée d'une plaque épaisse de cuivre rouge, très conducteur, de 1.2 c. d'épaisseur, argentée sur sa face externe; cette plaque est percée, suivant son grand axe, de haut en bas d'un trou de 8 c. de profondeur sur 8 mm. de diamètre, destiné à recevoir le thermomètre.

D'après ce qui précède, on voit que, derrière la plaque de cuivre, il reste un espace rectangulaire de 1.6 c. d'épaisseur sur 2.8 c. de largeur et 9 c. de hauteur pour le liquide volatil qui baigne toute la largeur et la hauteur de la plaque de cuivre. Un couvercle rectangulaire, percé de trois tubulures, ferme extérieurement la boîte prismatique; l'une de ces tubulures est au-dessus du trou percé dans le bloc de cuivre et sert à laisser passer la tige du thermomètre, les deux autres servent à l'arrivée et à la sortie du courant d'air qui doit traverser le liquide pour l'évaporer.

Le fonctionnement de l'appareil est le suivant: le couvercle de la boîte cylindrique est tourné de telle façon que la lumière arrivant par l'une des tubulures B, B soit réfléchi par la face argentée suivant l'axe de la tubulure C, par laquelle l'observateur regarde la surface argentée; on fait circuler l'air, dont on veut déterminer l'état hygrométrique, dans le cylindre AA, cet air entoure donc de toutes parts la boîte prismatique, en même temps un courant d'air est insufflé dans le liquide volatil (éther ou alcool) et abaisse graduellement la température de la plaque de cuivre argentée. Le thermomètre placé entre le liquide réfrigérant et la surface de condensation est entouré, pour établir un bon contact, de limaille de cuivre très fine et bien tassée dans le trou de la plaque de cuivre. Le dépôt de rosée apparaît comme

dans l'appareil de M. Crova, sous forme de taches sombres qui envahissent peu à peu la surface polie.

Pour faciliter encore l'observation de ce dépôt, nous employons un système de contraste analogue à celui employé dans les appareils de M. Régnault et de M. Alluard; une plaque mince de cuivre argenté de 3 c. de hauteur (fig. 2) et dont les bords sont pliés à angle droit peut glisser sur la plaque de cuivre argentée sur laquelle se fait le dépôt de rosée; la face non argentée de cette lame est couverte d'une feuille de papier mince qui l'isole thermiquement en partie du bloc de cuivre sur lequel elle glisse; il en résulte que lorsque la température est celle du point de rosée pour le bloc de cuivre, elle n'a pas encore atteint cette valeur sur la petite lame qui reste brillante quelque temps encore après le moment où ce dépôt de rosée a commencé, et le contraste entre les deux surfaces voisines est très net. En abaissant encore un peu la température, la lame de contraste se ternit aussi par le dépôt de rosée; pendant la période de réchauffement, elle permet alors d'observer le moment exact de la disparition de la rosée sur le bloc de cuivre, puisqu'elle reste terne un peu après que la surface de condensation est devenue brillante.

En enlevant le couvercle de la boîte AA, on enlève en même temps tout l'appareil de condensation qui, placé sur un support spécial (fig. 2), sert alors d'hygromètre à condensation à l'air libre tel que celui de M. Alluard.

Les avantages que nous paraît présenter cette forme d'hygromètre sont, d'abord, de n'exiger que de petites quantités de liquide volatil, de fonctionner comme hygromètre à condensation intérieure ou hygromètre à condensation à air libre et surtout de donner plus exactement que tous les appareils que nous connaissons, la température du dépôt de rosée. En effet, en observant un thermomètre plongé dans le liquide volatil et un autre placé dans la plaque de cuivre rouge, nous avons constaté les différences suivantes; nous n'en donnons que quelques-unes :

Tempér. dans le liquide.	Tempér. dans le cuivre.
11°5	12°7
9°7	11°3
10°6	11°3
10°9	11°4
10°4	10°9
10°6	11°1
11°3	11°8

Ces différences proviennent surtout de la faible conductibilité du liquide, car entre deux points d'une masse de cuivre très conducteur, il ne peut exister que des différences de température très petites, surtout lorsque les températures extrêmes des deux faces sont elles-mêmes peu différentes. Ce fait nous paraît être hors de doute, il a fait du reste l'objet d'une étude très approfondie de la part de M. H.-F. Weber, dans ses recherches sur conductibilité des liquides ¹.

En tout cas, le thermomètre placé dans le cuivre indique une température beaucoup plus rapprochée de celle de la face de condensation que celui qui est dans le liquide; en outre, cette température varie d'une façon bien plus régulière et graduelle que celle du liquide volatil, la masse de cuivre fonctionnant comme régulateur de la température; nous croyons donc qu'à tous égards il y a avantage à employer un bloc épais avec thermomètre intérieur au lieu des lames minces avec thermomètre dans le liquide ².

L'appareil employé pour la vaporisation du liquide présente aussi une particularité que nous devons signaler: il est formé d'un tube de plomb (fig. 3) courbé en U et fermé à l'une de ses extrémités, ce tube est criblé de petits trous par lesquels s'échappe l'air qui agit ainsi partout dans le liquide et l'entraîne moins facilement que ne le ferait l'insufflation de l'air par un tube droit.

On peut employer comme aspirateur et comme insufflateur un ou deux poires de caoutchouc à soupapes.

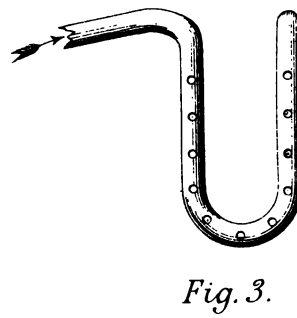
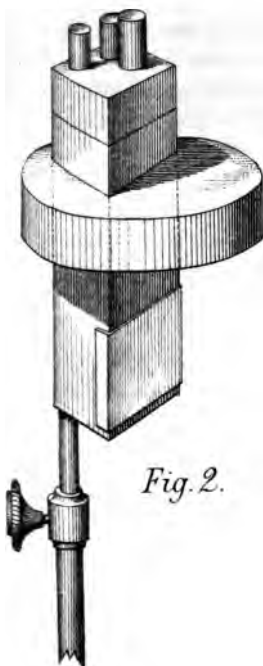
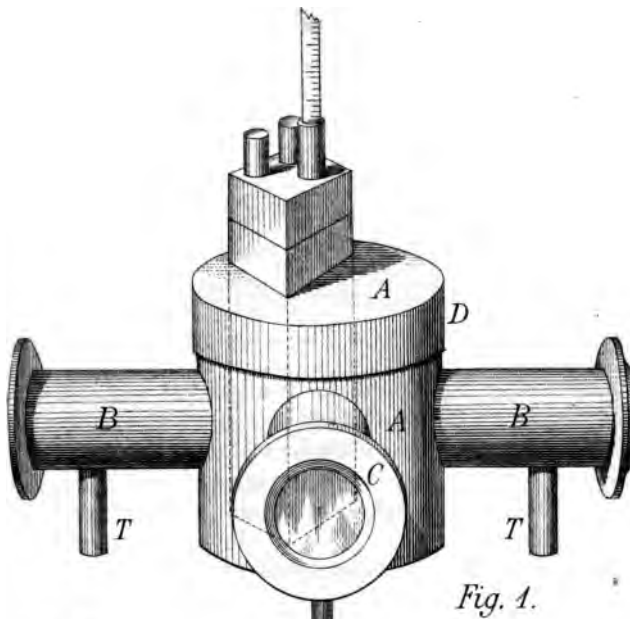
Lausanne, 2 mai 1888.

Laboratoire de physique.

¹ H.-F. Weber. Untersuchungen über die Wärmeleitung in Flüssigkeiten, Vierteljahrsschrift der Zürcher naturf. Gesellschaft. 1879, I

² L'emploi d'éléments thermoélectriques conviendrait fort bien dans ce cas mais compliquerait l'appareil, c'est pour cela que nous avons conservé le thermomètre à mercure à réservoir cylindrique. H. I





ENOY O

ous.
 les s'éc
 strail
 ham
 même
 e pré
 nées
 me o
 leurs
 parfois
 moi
 itat
 ent
 la, la,
 à distan
 tant d
 pla
 eds
 es r
 g et
 ces
 tant le
 de
 ent t
 es, o
 ainte
 es er
 et
 lar

QUELQUES MOTS
SUR LES
PHÉNOMÈNES GLACIAIRES

PAR
TH. DE MEURON.

Nous trouvons, dans le compte-rendu des séances de la Société vaudoise des sciences naturelles du mois de septembre 1887, une description détaillée de 27 blocs erratiques, qui se trouvent un peu à l'est du hameau de Clendy, près d'Yverdon, et qui sont dans l'emplacement d'une grande station lacustre s'étendant de Clendy jusque près d'Yvonand.

Quelques années avant 1840, étant occupé de pêche avec mon beau-père, il me disait, lorsque nous passions dans ces parages sur de nombreux piquets, *qu'il avait toujours entendu dire qu'ici existait autrefois une ville.*

C'était au moins une 15^e d'années avant la première découverte des habitations lacustres dans le lac de Zurich.

Dans mon enfance j'habitais Corcelettes, au bord du lac près de Grandson; là, je voyais toujours une quantité de piquets bien alignés, à distances égales; lorsque le lac était fort bas, leurs têtes sortaient de quelques pouces au-dessus de l'eau; ces piquets étaient placés sur deux rangs distants l'un de l'autre d'environ 2 $\frac{1}{2}$ pieds et disposés en carré d'environ 12 pieds de côté; l'intervalle des rangées était rempli de petits cailloux de la grosseur du poing et formait comme une espèce de muraille; je crus toujours que ces piquets étaient les restes d'une grande pêcherie qui alimentait les couvents de Grandson, de la Lance et autres, mais dès la découverte des stations lacustres, des pêches et fouilles furent tentées et constatèrent que, soit à Clendy, soit à Corcelettes, on avait à faire à de vastes stations lacustres, qui sont maintenant en terre ferme par l'abaissement des eaux du lac.

Les blocs erratiques dans la contrée d'Yverdon étaient fort nombreux, et, d'après leur dispersion dès Yverdon au travers du lac, sur la plaine, au pied du Jura et sur les flancs de la mon-

tagne, nous nous trouvions, si je puis m'exprimer ainsi, sur la principale route de ces blocs.

Aux environs d'Yverdon ils étaient très fréquents, car, lorsque la maison du Champitet fut bâtie vers 1780, tous les blocs erratiques qui purent être saisis *par des pinces, qui existent encore dans la dite maison*, furent pêchés et utilisés bruts à faire une digue contre le lac tout le long du domaine; cette digue a plus d'un kilomètre de long.

Les blocs décrits par M. de Sinner n'ont pu être pêchés, parce qu'ils se trouvent encore empâtés dans des graviers vaseux. Sur la rive de Grandson on trouve encore beaucoup de blocs, et sur les terrains jusqu'au pied de la montagne ils étaient fort nombreux, mais disparaissent petit à petit; celui-là même, *sur lequel Charles le Téméraire étant assis*, tint son dernier conseil de guerre la veille de la bataille, a été en grande partie exploité; il ne reste que sa base visible à fleur du sol.

La route suivie par les blocs erratiques était fort large, puisque ces blocs se rencontrent dès la Neuveville jusqu'au-delà de Cossonay et peut-être plus loin encore; nous ne parlons ici que du Glacier du Rhône, mais, d'après la dispersion des blocs, leur plus grand courant a été de Boudry à Baulmes et Yverdon semble avoir eu le plus fort passage.

Fait singulier, les blocs erratiques, nombreux dans la plaine occupant les deux versants du Jura, sont extrêmement *rare*s sur le plateau de la montagne et ne dépassent pas la hauteur des cols, dont le plus élevé est à 1150 mètres.

Nous rencontrons donc sur le versant du Midi des blocs erratiques un peu partout, mais ne dépassant guère 1100 à 1150 mètres. Ils sont encore très nombreux à cette hauteur sur le territoire des Bullets, en face d'Yverdon; d'assez nombreux blocs ont contourné le Chasseron, du côté du Vent, et ont été déposés dans le Val-de-Travers; le vallon si fermé de St-Sulpice en possède 4 de fortes dimensions, et ils sont fréquents, mais de moindre grandeur, au haut du défilé de la Chaîne, du côté des Verrières, à une altitude de 923 mètres; ils ont donc franchi la chaîne du Jura entre Ste-Croix et le Mauborget, puis la seconde chaîne, soit la montagne qui domine Buttes. Un autre grand courant eut lieu en avant du Creux-du-Vent, soit devant son ouverture du côté du levant; ce courant, refoulé par la montagne de Boudry, pénétra dans le Val-de-Travers, vis-à-vis de Noiraigue, et autour du hameau de Vers-chez-Joly s'effectua un dépôt d'er-

ratiques de grosses dimensions et en très grand nombre; après les erratiques de Monthey, ce sont peut-être les plus importants en quantité, mais beaucoup sont déjà exploités.

Les blocs erratiques sont fort rares et de petites dimensions au nord d'une ligne tirée par la Vue des Alpes jusqu'à Pontarlier; il s'en trouve un dans la chaîne qui encaisse le Doubs, c'est un schiste ou un gneiss, au bord d'un sentier, dans une forêt appartenant au *Locle*; cette pierre est connue de tous les habitants au loin à la ronde, et se trouve à 882 mètres d'élévation.

Il y a une dizaine d'années, en construisant la route de la Chaux-de-Fonds à Biaufond, on découvrit aussi dans le talus de la route, un peu avant d'arriver à la Maison Monsieur, un gneiss d'une certaine grandeur et à une altitude de 750 mètres; c'est le bloc le plus rapproché de France qui soit connu; il est à environ 300 mètres du Doubs.

Dans toutes ces contrées nous n'avons nulle part aperçu des moraines frontales, mais bien de puissants dépôts alpins qui semblent avoir été formés par la chute de ces matériaux depuis le glacier fondant. Ces graviers alpins encore un peu anguleux, formant une pente arrondie assez roide, reposent sur les rocs du bas de la montagne; ainsi aux environs de Fleurier, ce terrain n'est pas couvert de bois et sert de pâturage au pied de la montagne entre les bois et les champs cultivés.

Un autre dépôt du même genre, mais bien plus important, se trouve au midi du Locle; il forme un vaste plateau un peu incliné contre le village et qui se termine par une forte pente; celle-ci est toute formée de débris alpins et il a dû se trouver sur le plateau de petits blocs erratiques très arrondis, mais ne dépassant guère la grosseur d'une tête humaine; ils ont servi à construire la plupart des clôtures pour les biens qui entourent cette plaine connue sous le nom de Grand Communal.

Vis-à-vis de ce dépôt, tout comme vis-à-vis de celui de Fleurier, un amas de débris de graviers calcaires semble résulter de l'effet du Glacier dans sa grande fonte.

Le professeur Agassiz fit sa première découverte de roches polies, érosées et *striées*, dans les forêts situées au-dessus du Landeron et appartenant à cette ville; il s'y trouve des roches dénudées, légèrement inclinées au midi, qui sont parfaitement unies, et dans leur voisinage on trouve sur des mêmes roches des *stries* parallèles et distantes de 1 à 1 $\frac{1}{2}$ pouce, en forme de petites ondes très régulières.

Les roches polies sont sur les mêmes couches dans le voisinage et je crois que M. Agassiz a peut-être un peu trop étendu l'importance des roches polies, car évidemment quelques-unes de ces surfaces polies ne sont réellement que quelques défilés de ces couches.

Les roches érosées sont aussi nombreuses dans cette localité, mais ne sont pas sur les mêmes couches que les roches polies qui sont jaunes, les premières étant grises et dénotant la présence de l'argile; ce ne serait pas de la marne mais du calcaire plus ou moins marneux. Les érosions sont parallèles, suivant la pente elles sont nombreuses, de 5 à 8 centimètres de profondeur, avec de fréquents petits bassins provenant du réjaillissement des gouttes; on remarque à ces érosions un très long travail de l'eau. Les bords sont tout raboteux, mais le fond des canaux est propre, sans être précisément poli; leur rugosité peut bien être attribuée à l'influence atmosphérique depuis la retraite du glacier.

C'est dans le canton de Neuchâtel que nous trouvons les plus fâcheux effets du glacier; il y a dénudé, jusqu'aux roches de base, une quantité de places de diverses dimensions, formant comme des îles dispersées dans les bons terrains, et notamment dans les forêts, où la main de l'homme n'a pas eu d'intérêt à les faire disparaître; par contre, le canton de Vaud doit sa grande fertilité aux dépôts alpins qui recouvrent en totalité la plaine, à des profondeurs diverses; ces dépôts sont en majeure partie sur les graviers si nombreux de la plaine, et le terrain primitif se rencontre très rarement et principalement aux environs d'Eysins au-dessus de Coppet, en Veitay, à Chavannes-de-Bogis, etc., etc.

On peut diviser les terrains vaudois en trois catégories :

La région des Alpes qui a fourni la plupart des matériaux couvrant la plaine; cette région est fertile par son humidité et son arrosage, elle produit une végétation très plantureuse et contribua à la formation d'une couche d'humus, si favorable à la végétation.

La plaine, sur laquelle les nombreux débris des Alpes ont été déposés partout, ainsi que leurs boues, avec plus ou moins d'abondance, et ont formé nos terrains à vignes, champs et prés.

Le Jura, formé de roches calcaires, si diversifiées dans leurs positions et défillements (fentes, fendillements), recouvertes d'une terre éminemment calcaire; ces roches forment un ensemble totalement dépourvu d'eau; ce manque d'humidité constitue une

contrée sèche, chaude et recouverte d'une végétation languissante; dans la région du Jura, le transport alpin est rare, fort rare même sur le plateau.

En terminant, nous citerons quelques blocs erratiques qu'il serait utile de conserver, s'ils ne sont pas encore désignés dans la liste qui a été établie dans ce but :

Deux très gros granits d'un beau grain régulier et assez fin dans les forêts de Baulmes. Un beau et gros bloc dans les bois de Bougeries entre Morges et Apples. Trois gros granits dans le vallon de St-Sulpice.

La pierre noire dans le bois de Ville du Locle, le gneiss dans le talus de la route de Biaufond, au-dessus de la Maison Monsieur (vallée du Doubs), altitude 750 mètres, et à environ 300 mètres au midi du bord du Doubs; c'est le bloc le plus rapproché de la France.

J'arrête ici l'énumération des si nombreux blocs erratiques dispersés, tant sur nos plaines que sur le versant méridional du Jura et au débouché de la plupart des cols de celui-ci.

Le grand glacier s'étendait dès les Alpes de la vallée du Rhône par dessus les lacs de Genève, de Neuchâtel et autres, sur une longueur de 110 kilomètres, soit dès la Dent du Midi à la rivière du Doubs, avec une pente générale de *un et demi pour cent*.

L'épaisseur de la couche de glace au-dessus du lac de Genève devait être de 2500 * mètres et sur celui de Neuchâtel de 900 mètres.

Le glacier, atteignant le Jura, l'a franchi seulement par ses cols, laissant émerger les principales arêtes et sommités (la Dôle, le Mont-Tendre, le plateau jouxtant le Creux-du-Vent, la montagne de Boudry, etc., etc.).

Il avait envahi le Val-de-Travers, passant par le Mauborget, la vallée de La Vaux, franchissant encore le mont de Buttes et remplissant le profond vallon de St-Sulpice. Il y déposait 4 blocs d'une grande dimension, après en avoir abandonné une énorme quantité vers Ste-Croix, les Bullets, le Mauborget, tous en face d'Yverdon. Par le col au nord-est du Creux-du-Vent, il envahissait une partie du Val-de-Travers et, par la Tourne, comblait la vallée tourbeuse des Ponts où la couche de glace devait avoir environ 128 mètres.

* Ce chiffre paraît un peu élevé, nous en laissons la responsabilité à l'auteur.

(L'Éditeur.)

Le professeur Guyot avait fait une étude spéciale des blocs erratiques déposés par le Grand Glacier, il en avait dressé une carte avec beaucoup de soin. Il quitta la Suisse avec Agassiz pour se rendre en Amérique, où il est mort il y a peu d'années ; nous ne savons pas ce qu'est devenue cette carte * qui serait si utile et si intéressante à étudier au moment où nous voyons disparaître journellement quelques-uns de ces blocs.

* Cette carte existe et elle a été présentée par M. de Tribolet à la Soc. helv. des Sc. nat., réunie au Locle en 1885.

FONCTIONS ABÉLIENNES DU GENRE 3

UN CAS PARTICULIER

PAR

H. AMSTEIN

Pl. VI à X.

Avec quelques-uns de mes camarades d'études, j'ai eu la bonne fortune de suivre un cours général sur la théorie des fonctions abéliennes que mon vénéré maître, M. H. Weber, a fait une seule fois, en 1875, à l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich. Ce n'est que plusieurs années après que j'ai eu connaissance de son remarquable ouvrage intitulé : *Theorie der Abelschen Functionen vom Geschlecht 3*. (Berlin, 1876, chez Georg Reimer.) A la page 4 de l'introduction, l'auteur s'exprime comme suit : « Es ist damit nicht ausgeschlossen, dass es ausser den hyperelliptischen Functionen noch andere besondere Fälle gibt, in denen die Verzweigungspunkte eine wichtige Rolle spielen. Es würde dies z. B. eintreten bei den Functionen, welche von der Gleichung $x^4 + y^4 + z^4 = 0$ abhängen, welche überhaupt, obwohl (oder vielleicht gerade weil) sie durch elliptische Functionen vollständig dargestellt werden können, ein interessantes Beispiel für unsere Theorie liefern würden. »

« Cela n'exclut pas l'existence, en dehors des fonctions hyperelliptiques, d'autres cas particuliers, dans lesquels les points de ramification jouent un rôle important. Ce serait, par exemple, le cas des fonctions dépendant de l'équation $x^4 + y^4 + z^4 = 0$, qui fourniraient un exemple intéressant à l'appui de notre théorie, lors même que (ou peut-être justement parce que) elles peuvent être représentées complètement par des fonctions elliptiques. »

Après avoir lu et relu cet ouvrage avec le plus vif intérêt, je me suis décidé à traiter l'exemple proposé. Chemin faisant, j'ai rencontré certaines difficultés, auxquelles il fallait d'ailleurs s'attendre, de sorte qu'il m'a paru que ce travail, entrepris dans l'unique but de me familiariser autant que possible avec une théorie plus ou moins ardue, pourrait rendre quelque service à

ceux qui ont l'intention d'aborder ces régions de la science. C'est dans cet espoir, qu'encouragé par quelques amis, j'ose soumettre le présent mémoire au public mathématique.

Je me représente un lecteur, en possession de la théorie des fonctions $\mathcal{F}$ à trois variables et des caractéristiques à six éléments, et ayant devant lui l'ouvrage de M. Weber; à l'aide de ce travail, il lui sera aisé de suivre pas à pas l'ouvrage original.

Dans un second mémoire, je me propose de reprendre les problèmes fondamentaux de Jacobi et de Riemann, en ramenant ces questions sur le terrain des fonctions elliptiques.

Je saisis enfin cette occasion pour témoigner à mon vénéré maître toute ma gratitude de ce qu'il a bien voulu, à plusieurs reprises, s'intéresser aux efforts de son ancien élève.

Introduction.

L'équation qui sert de base à l'étude qu'on va entreprendre est la suivante :

$$x^4 + y^4 + z^4 = 0$$

ou

$$1 + \left(\frac{y}{x}\right)^4 + \left(\frac{z}{x}\right)^4 = 0.$$

Si l'on pose

$$\frac{y}{x} = z\sqrt{i}, \quad i = \sqrt{-1}$$

et

$$\frac{z}{x} = s\sqrt{i},$$

elle prend la forme

$$(1) \quad s^4 + z^4 - 1 = 0,$$

d'où

$$(1^a) \quad s = \sqrt[4]{1 - z^4}.$$

On remarque tout d'abord que les variables s et z entrent d'une manière symétrique dans l'équation (1). Les relations entre s et z seront donc parfaitement connues lorsqu'on aura étudié en fonction de z .

Si, en premier lieu, on attribue à s et z des valeurs réelles et que l'on rapporte ces variables à un système de coordonnées rectangulaires, en choisissant, par exemple, z comme abscisse et s comme ordonnée d'un point, l'équation (1) représente une courbe du 4^{me} degré, dépourvue de points doubles et qui, de ce fait, appartient au genre 3 (fig. 1, pl. VI). Cette courbe, évidemment symétrique par rapport aux deux axes, possède aux points $z=0$, $s=\pm 1$; $z=\pm 1$, $s=0$ des tangentes qui forment avec elle un contact de l'ordre 3. Ces droites ont quatre points infiniment voisins communs avec la courbe, et peuvent, par conséquent, être considérées comme des tangentes doubles dont les deux points de contact coïncident. Cette particularité, la seule qui mérite d'être signalée ici, se reconnaît aisément, si l'on développe s en série, ordonnée suivant les puissances croissantes de z , par exemple dans le voisinage du point $z=0$, $s=1$, ce qui donne

$$s - 1 = -\frac{1}{4}z^4 \dots$$

Mais si, d'une manière plus générale, on admet que z et s puissent prendre des valeurs aussi bien imaginaires que réelles, il faudra assigner aux points représentatifs de ces variables deux plans que l'on désignera par (z) et (s) . Lorsque z parcourt une courbe quelconque dans son plan, le point représentatif de s , à son tour, parcourra une courbe dans le plan (s) . D'après Gauss, on appelle volontiers cette dernière courbe l'*image* dont la première serait l'*original*. Le plan (z) se compose de quatre feuilles ou nappes superposées. Le plan (s) , on l'a déjà reconnu, se trouve exactement dans les mêmes conditions. Pour établir les rapports qui existent entre les plans (z) et (s) , il est utile d'étudier brièvement la représentation du plan (z) sur le plan (s) par l'intermédiaire de la fonction s . A cet effet, il suffit de considérer les courbes dans le plan (s) qui correspondent à un système de circonférences concentriques dans le plan (z) avec O comme centre commun.

Soit

$$(2) \quad \begin{cases} z = x + yi = re^{i\varphi}, \\ s = \xi + \eta i = \varrho e^{i\psi}. \end{cases}$$

A l'aide de ces formules, l'équation (1^a) peut s'écrire

$$\varrho e^{i\psi} = \sqrt[4]{1 - r^4 e^{4i\varphi}},$$

d'où l'on tire

$$\varrho^4 (\cos 4\psi + i \sin 4\psi) = 1 - r^4 (\cos 4\varphi + i \sin 4\varphi),$$

puis en séparant les parties réelles des parties imaginaires

$$\varrho^4 \cos 4\psi = 1 - r^4 \cos 4\varphi,$$

$$\varrho^4 \sin 4\psi = - r^4 \sin 4\varphi$$

et enfin

$$\left\{ \begin{array}{l} \varrho = \sqrt[8]{1 - 2r^4 \cos 4\varphi + r^8}, \\ \cos 4\psi = \frac{1 - r^4 \cos 4\varphi}{\varrho^4}, \\ \sin 4\psi = - \frac{r^4 \sin 4\varphi}{\varrho^4} \end{array} \right\} \quad \left\{ \begin{array}{l} \xi = \varrho \cos \psi, \\ \eta = \varrho \sin \psi. \end{array} \right.$$

Afin d'obtenir, par exemple, l'image de la circonférence dont l'équation en coordonnées polaires est $r = a$, on donnera, dans ces formules, à r la valeur constante a , et on fera varier φ de 0 à 2π . (Voir les fig. 2 et 3, pl. VII. Pour les construire, on s'est servi des valeurs $r = \frac{3}{4}, \frac{1}{2}\sqrt[4]{15}, 1, \frac{1}{2}\sqrt[4]{17}, \sqrt[4]{2}, \frac{3}{2}$.)

A une valeur déterminée de z correspondent, en général, quatre valeurs différentes de s . Une fois pour toutes, on conviendra que selon la feuille dans laquelle se trouve le point représentatif de z , la fonction s prendra les valeurs suivantes :

$$\begin{array}{llll} \text{Dans la 1}^\circ \text{ feuille} & s = \sqrt[4]{1-z^4}, & s = +1 & \text{pour } z=0, \\ \text{" } 2^\circ \text{ " } & s = i\sqrt[4]{1-z^4}, & s = +i & \text{" } z=0, \\ \text{" } 3^\circ \text{ " } & s = -\sqrt[4]{1-z^4}, & s = -1 & \text{" } z=0, \\ \text{" } 4^\circ \text{ " } & s = -i\sqrt[4]{1-z^4}, & s = -i & \text{" } z=0. \end{array}$$

Ces quatre valeurs se confondent pour $z = \pm 1, z = \pm i$. Il s'ensuit que ces quatre points sont des points de ramification pour la fonction s ; ils satisfont, en effet, seuls aux deux équations

$$F(s, z) = s^4 + z^4 - 1 = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial s} = 4s^3 = 0.$$

Chacun d'eux compte pour trois points de ramification simples, vu qu'en ces points, non-seulement deux, mais les quatre valeurs correspondantes de s coïncident. Ainsi, la fonction s possède douze points de ramification simples.

Pour transformer le plan (z) en une surface de Riemann, on peut appliquer les *lignes de passage* de différentes manières. Guidé par la représentation susmentionnée, on les conduira dans les quatre nappes, le long des axes coordonnés, de l'origine O jusqu'aux points $z = \pm 1$, $z = \pm i$, en reliant les quatre feuilles de la manière indiquée dans les fig. 4, 5 et 6, pl. VI. Les fig. 4 et 5 représentent des coupes à travers les quatre nappes, la première perpendiculaire à la ligne de passage $O + 1$, la dernière perpendiculaire à la ligne de passage $O + i$. L'œil de l'observateur se trouve au-dessus de la première feuille. Il va sans dire qu'on aurait pu ajouter encore deux figures analogues relatives aux lignes de passage $O - 1$ et $O - i$. Pour bien comprendre la fig. 6, on remarquera que les quatre circonférences devraient être superposées et se trouver chacune dans la nappe que lui assigne le chiffre inscrit dans la figure. Afin d'augmenter encore la clarté, on a mis en regard, le long des lignes de passage, dans les fig. 2 et 3, pl. VII, les chiffres qui indiquent le passage d'une feuille à l'autre. Ainsi, par exemple, le long de la ligne $O + 1$, le point z peut passer du bord positif de la première nappe au bord négatif de la quatrième, du bord positif de la deuxième nappe au bord négatif de la première, etc. Obéissant aux exigences de la représentation, la disposition des chiffres dans le plan (s) diffère de celle adoptée pour le plan (z).

Ceci posé, s pourra être considéré comme une fonction uniforme de z . On s'en convainc aisément à l'aide des fig. 2 et 3. En effet, si z parcourt le 1^{er} quadrant d'une circonférence de rayon < 1 , par exemple dans la 1^{re} feuille, en partant du bord négatif de l'axe $O + 1$, le point s décrit un ovale complet. Lorsque z , après avoir franchi la ligne de passage $O + i$, décrit ensuite le second quadrant dans la quatrième nappe, le point s parcourra une seconde fois le même ovale. A la circonférence entière correspond donc quatre fois le même ovale. Dans le cas où z serait parti de la seconde nappe, le point s aurait décrit un autre ovale identique au premier, mais tourné contre celui-ci d'un angle de $+90^\circ$. Et ainsi de suite.

Si le point z , tout en restant dans la première nappe, suit le bord positif de l'axe des X de 0 à $+1$, le point s longe le bord

positif de l'axe des Ξ de $+1$ à 0 ; mais au-delà du point $+1$, l'image de l'axe des X est la droite $\eta = \xi$ de $\xi = 0$ jusqu'à $\xi = +\infty$.

Pour une circonférence de rayon > 1 , les lignes de passage perdent leur influence. Par conséquent, à une telle circonférence correspond uniformément une courbe fermée dans le plan (s). La circonférence $r = 1$ constitue le cas limite, en ce sens que la courbe correspondante dans le plan (s) peut être considérée indifféremment comme une courbe fermée ou comme l'ensemble de quatre ovales allongés se rencontrant en O .

Incidentement, on reconnaît aussi que la fonction s sert d'intermédiaire à la *représentation conforme* de l'extérieur du cercle des unités sur l'extérieur de la courbe

$$\varrho^4 = 2 \cos 4\psi$$

ou

$$(\xi^2 + \eta^2)^4 = 2(\xi^4 - 6\xi^2\eta^2 + \eta^4).$$

En vertu des lois qui régissent la représentation conforme, les tangentes principales à cette courbe au point quadruple $\xi = 0$, $\eta = 0$, doivent former avec l'axe positif des Ξ des angles de $\pm 22\frac{1}{2}^\circ$ et $\pm 67\frac{1}{2}^\circ$.

Intégrales de première espèce.

La surface de Riemann, T , qui accompagne la fonction s , se compose, on l'a vu, de quatre nappes superposées. Sa connexion est de l'ordre 7, c'est-à-dire qu'elle peut, moyennant six coupures, être transformée en une surface T' à connexion simple. Dans l'intérieur de cette nouvelle surface T' , les intégrales de fonctions rationnelles de s et de z sont des fonctions uniformes de leurs limites supérieures. Le long des deux bords des coupures, elles prennent des valeurs dont la différence est en général finie, mais constante, et que l'on appelle les *modules de périodicité* de ces intégrales. Par là, ne sont pas exclues d'autres lignes à différence constante situées dans l'intérieur même de la surface. (Intégrales de 3^e espèce.)

On conviendra d'appeler positif le bord d'une coupure qui se trouve à gauche lorsqu'on la parcourt dans le sens positif, c'est-à-dire dans le sens des angles croissants. Ceci posé, on peut ét

blir un *système normal de coupures* de la manière suivante: D'un point A de la surface, on mène une coupure qui ne partage pas la surface en plusieurs morceaux détachés et qui aboutit à un point de son propre parcours. Cette coupure peut être considérée comme une ligne fermée a_1 , reliée au point A par une autre ligne c_1 . D'un point du côté positif de a_1 , on trace ensuite une autre coupure b_1 qui vient rejoindre son point initial, mais sur le bord négatif de a_1 . De la même manière, toujours en partant du point A, on pourra mener encore deux autres couples de coupures. (Comp. W., p. 63.) Il va de soi, qu'à l'exception de a, b, a, c , qui se coupent en un point, jamais deux coupures ne doivent se croiser.

Dans le cas particulier qui fait l'objet de cette étude, une des manières possibles d'appliquer les coupures est celle indiquée dans la fig. 7, pl. VI, où les lignes noires pleines sont censées se trouver dans la première nappe, les lignes noires pointillées dans la deuxième, les lignes rouges dans la troisième, et enfin les lignes bleues dans la quatrième. Sans doute, la surface de Riemann T' , ainsi obtenue, n'est pas la plus simple; mais d'une part elle a l'avantage d'être basée sur la surface T , adoptée déjà précédemment pour l'étude de la fonction s ; d'autre part, il est à espérer que ce travail rendra d'autant plus de services au lecteur studieux que les intégrales à considérer exigeront plus de précautions.

Les intégrales de 1^{re} espèce restent finies et continues dans toute l'étendue de la surface T' , à l'exception des coupures dont les deux bords constituent la limite de la surface. Elles sont de la forme

$$w = \int \frac{\varphi(s, z)}{\frac{\partial F}{\partial s}} dz,$$

ou bien

$$w = - \int \frac{\varphi(s, z)}{\frac{\partial F}{\partial z}} ds \quad \left(\text{puisque } \frac{dz}{\frac{\partial F}{\partial s}} = - \frac{ds}{\frac{\partial F}{\partial z}} \right),$$

où $F = s^4 + z^4 - 1$ et $\varphi(s, z)$ signifie une fonction entière et rationnelle de s et de z qu'il s'agit de déterminer.

En admettant que $\int_{x_0}^x f(x) dx$ reste finie pour toutes les valeurs finies de x , on sait que $\int_{x_0}^{\infty} f(x) dx$ conserve aussi une valeur finie, si la fonction $f(x)$ pour $x = \infty$ tend vers zéro d'un ordre supérieur au premier. Or, dans l'intégrale

$$w = \int \frac{\varphi dz}{4s^3}$$

la fonction $s = \sqrt[4]{1 - z^4}$ devient infinie du 1^{er} ordre et, partant, s^3 du 3^e ordre pour $z = \infty$. Il s'ensuit que la variable s (et pour des raisons analogues aussi la variable z) entre dans la fonction φ tout au plus au 1^{er} degré. Les points de ramification $z = \pm 1, z = \pm i$ ne produisent pas de discontinuité. On peut donc poser

$$\varphi = A + Bz + Cs.$$

En disposant des constantes A, B, C de sorte que φ s'annule en deux points arbitraires, on peut obtenir trois fonctions φ différentes entre lesquelles il n'existe pas d'équation linéaire et homogène. Par contre, il est aisé de démontrer qu'entre quatre de ces fonctions, il existe nécessairement une équation linéaire et homogène, à coefficients constants*.

Soient maintenant $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ les trois fonctions en question, satisfaisant à la condition de s'annuler

$$\varphi_1 \text{ pour } \begin{cases} s = \infty, z = 0 \\ s = 0, z = \infty \end{cases}, \text{ d'où } B = C = 0 \text{ et } \varphi_1 = A,$$

$$\varphi_2 \text{ pour } \begin{cases} s = 0, z = 0 \\ s = 1, z = 0 \end{cases}, \text{ d'où } A = C = 0 \text{ et } \varphi_2 = Bz,$$

$$\varphi_3 \text{ pour } \begin{cases} s = 0, z = 0 \\ s = 0, z = 1 \end{cases}, \text{ d'où } A = B = 0 \text{ et } \varphi_3 = Cs.$$

* La géométrie analytique offre l'analogie suivante : Si $g_1 = 0, g_2 = 0, g_3 = 0, g_4 = 0$ sont les équations de quatre droites dans un plan, il est toujours possible d'établir l'identité $k_1 g_1 + k_2 g_2 + k_3 g_3 + k_4 g_4 = 0$, à moins que trois des droites données ne fassent partie d'un faisceau.

Abstraction faite de facteurs constants, les trois fonctions φ prennent la forme

$$\varphi_1 = 1, \quad \varphi_2 = z, \quad \varphi_3 = s$$

et les trois intégrales de première espèce sont

$$w_1 = \int \frac{dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}}, \quad w_2 = \int \frac{zdz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}}, \quad w_3 = \int \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}}$$

dont la dernière est elliptique. (Comp. W., p. 47, et Riemann, *Gesammelte math. Werke*, p. 459.)

Avant de procéder à la détermination des modules de périodicité, il est utile d'étudier quelques intégrales dont on aura souvent besoin. Il a déjà été dit que $\sqrt[4]{1-z^4}$ prend les facteurs $+1, i, -1, -i$ suivant que z se trouve dans la 1^{re}, 2^e, 3^e ou 4^e nappe de la surface T'. Par conséquent, dans ces mêmes nappes, $\frac{1}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}}$ sera affecté des facteurs $+1, i, -1, -i$,

tandis que $\frac{1}{\sqrt{1-z^4}}$ prendra les facteurs $1, -1, 1, -1$.

Dans la suite, la nappe dans laquelle la variable d'intégration se meut, sera indiquée par un chiffre romain placé au-dessous du signe $\int$, et le signe (+) ou (—), appliqué en guise d'exposant au haut de la fonction à intégrer, fera connaître le bord le long duquel l'intégrale devra être prise.

Soient maintenant, dans la 1^{re} nappe et prises le long du bord positif,

$$\int_I^1 dw_1^{(+)} = K_1, \quad \int_I^1 dw_2^{(+)} = K_2, \quad \int_I^1 dw_3^{(+)} = K_3;$$

conformément à la convention qui vient d'être rappelée, on aura alors évidemment

$$\int_{II}^1 dw_1^{(+)} = iK_1, \quad \int_{II}^1 dw_2^{(+)} = iK_2, \quad \int_{II}^1 dw_3^{(+)} = -K_3;$$

$$\int_{III}^1 dw_1^{(+)} = -K_1, \quad \int_{III}^1 dw_2^{(+)} = -K_2, \quad \int_{III}^1 dw_3^{(+)} = K_3;$$

$$\int_{IV}^1 dw_1^{(+)} = -iK_1, \quad \int_{IV}^1 dw_2^{(+)} = -iK_2, \quad \int_{IV}^1 dw_3^{(+)} = -K_3.$$

Dans ces intégrales, l'intervalle d'intégration s'étendait sur le bord positif de l'axe des X, de 0 à +1. Une rotation de $+90^\circ$ autour de l'origine 0 le transporte sur le bord positif de l'axe des Y, et la variable z a passé respectivement de la 1^{re} nappe à la 4^e, de la 2^e à la 1^{re}, de la 3^e à la 2^e, et de la 4^e à la 3^e. L'équivalent analytique de cette opération est la substitution $z = it$, où t prend toutes les valeurs réelles de 0 à +1. Il s'ensuit que

$$\int_{IV}^i dw_{1^{(+)}} = i \int_0^1 \frac{dt}{\sqrt[4]{(1-t^4)^3}} = i \int_I^1 dw_{1^{(+)}} = iK_1,$$

et de même

$$\int_{IV}^i dw_{2^{(+)}} = -K_2, \quad \int_{IV}^i dw_{3^{(+)}} = iK_3;$$

$$\int_I^i dw_{1^{(+)}} = i \int_{II}^1 dw_{1^{(+)}} = -K_4, \quad \int_{II}^i dw_{1^{(+)}} = i \int_{III}^1 dw_{1^{(+)}} = -iK_4,$$

$$\int_{III}^i dw_{1^{(+)}} = i \int_{IV}^1 dw_{1^{(+)}} = +K_4, \text{ etc.}$$

Si l'on fait faire à l'intervalle 0 + 1 une rotation de $+180^\circ$, son bord positif viendra se confondre entre 0 et -1 avec le bord positif de l'axe des X négatifs, et la variable z passera respectivement de la 1^{re} nappe à la 3^e, de la 2^e à la 4^e, de la 3^e à la 1^{re} et de la 4^e à la 2^e. A cette opération correspond la substitution $z = -t$, où t se meut de 0 à +1. On a, par conséquent,

$$\int_{III}^{-1} dw_{1^{(+)}} = - \int_0^1 \frac{dt}{\sqrt[4]{(1-t^4)^3}} = - \int_I^1 dw_{1^{(+)}} = -K_1,$$

$$\int_{III}^{-1} dw_{2^{(+)}} = K_2, \quad \int_{III}^{-1} dw_{3^{(+)}} = -K_3;$$

$$\int_V^{-1} dw_{1^{(+)}} = - \int_{II}^1 dw_{1^{(+)}} = -iK_4, \quad \int_I^{-1} dw_{1^{(+)}} = - \int_{III}^1 dw_{1^{(+)}} = K_4,$$

$$\int_{II}^{-1} dw_{1^{(+)}} = - \int_{IV}^1 dw_{1^{(+)}} = iK_4, \text{ etc.}$$

D'une manière analogue, on peut obtenir les intégrales prises sur le bord positif de 0 à $-i$. En ce qui concerne les intégrales relatives aux bords négatifs, il suffit de tenir compte de la connexion des nappes le long des lignes de passage. Ainsi, par exemple, le long de la ligne de passage 0 + 1, le bord négatif de la 1^{re} nappe se rattache au bord positif de la 2^e. On en conclut que

$$\int_0^1 dw_1^{(-)} = \int_{II}^1 dw_1^{(+)} = iK_1;$$

de même

$$\int_{II}^1 dw_1^{(-)} = \int_{III}^1 dw_1^{(+)} = -K_1, \quad \int_{III}^1 dw_1^{(-)} = \int_{IV}^1 dw_1^{(+)} = -iK_1,$$

$$\int_{IV}^1 dw_1^{(-)} = \int_I^1 dw_1^{(+)} = K_1, \text{ etc.}$$

Au lieu d'employer le procédé indiqué pour la détermination de ces intégrales rectilignes, on pourrait se servir avantageusement de la représentation au moyen des fonctions w_1, w_2, w_3 . A cet effet, on remarquera les particularités suivantes : La fonction w_1 transforme les angles à l'origine en angles doubles. Autour des points singuliers $\pm 1, \pm i$ les angles de l'original sont réduits au quart par les fonctions w_1 et w_2 et à la moitié par la fonction w_3 . En tout autre point, les angles correspondants de l'original et de son image sont égaux.

Pour plus de facilité, les valeurs des intégrales rectilignes relatives aux intervalles de 0 à ± 1 et de 0 à $\pm i$ sont réunies dans le tableau suivant (voir p. 12).

Détermination des modules de périodicité.

Soient $A_v^{(h)}$ et $B_v^{(h)}$ les modules de périodicité de w_h relatifs aux coupures a_v et b_v , c'est-à-dire

$$A_v^{(h)} = w_h^{(+)} - w_h^{(-)} \text{ le long de la coupure } a_v \text{ et}$$

$$B_v^{(h)} = w_h^{(+)} - w_h^{(-)} \text{ le long de la coupure } b_v.$$

w_1

Nappe.	$\int_0^1$		$\int_0^i$		$\int_0^{-1}$		$\int_0^{-i}$	
	Bord pos.	Bord nég.	Bord pos.	Bord nég.	Bord pos.	Bord nég.	Bord pos.	Bord nég.
I	K_1	iK_1	$-K_1$	$-iK_1$	K_1	iK_1	$-K_1$	$-iK_1$
II	iK_1	$-K_1$	$-iK_1$	K_1	iK_1	$-K_1$	$-iK_1$	K_1
III	$-K_1$	$-iK_1$	K_1	iK_1	$-K_1$	$-iK_1$	K_1	iK_1
IV	$-iK_1$	K_1	iK_1	$-K_1$	$-iK_1$	K_1	iK_1	$-K_1$

 w_2

I	K_2	iK_2	$-iK_2$	K_2	$-K_2$	$-iK_2$	iK_2	$-K_2$
II	iK_2	$-K_2$	K_2	iK_2	$-iK_2$	K_2	$-K_2$	$-iK_2$
III	$-K_2$	$-iK_2$	iK_2	$-K_2$	K_2	iK_2	$-iK_2$	K_2
IV	$-iK_2$	K_2	$-K_2$	$-iK_2$	iK_2	$-K_2$	K_2	iK_2

 w_3

I	K_3	$-K_3$	$-iK_3$	iK_3	$-K_3$	K_3	iK_3	$-iK_3$
II	$-K_3$	K_3	iK_3	$-iK_3$	K_3	$-K_3$	$-iK_3$	iK_3
III	K_3	$-K_3$	$-iK_3$	iK_3	$-K_3$	K_3	iK_3	$-iK_3$
IV	$-K_3$	K_3	iK_3	$-iK_3$	K_3	$-K_3$	$-iK_3$	iK_3

La fig. 7, pl. VI, permet de reconnaître immédiatement que l'on a

$$A_v^{(h)} = \int_{(-b_v)} dw_h \quad \text{et} \quad B_v^{(h)} = \int_{(+a_v)} dw_h.$$

En d'autres termes, $A_v^{(h)}$ est égal à la valeur que prend $\int dw_h$, lorsque z parcourt le circuit entier b_v , dans le sens négatif, et $B_v^{(h)}$ la valeur de w_h qui résulte d'un parcours positif du circuit fermé a_v . Pour faciliter le calcul de ces modules, on a, dans les fig. 8^a ... 8^f, pl. VIII, dessiné isolément les six coupures a_v, b_v , en modifiant leur forme de façon qu'elles suivent, d'aussi près que

possible, les axes coordonnés, déformation permise en vertu d'un théorème bien connu de Cauchy. Il vient ainsi successivement

$$\begin{aligned} A_1^{(1)} = \int_{(-b_1)} dw_1 &= \int_1^i dw_1^{(-)} + \int_i^0 dw_1^{(+)} + \int_{II}^i dw_1^{(-)} + \\ &+ \int_{IV}^0 dw_1^{(+)} = 2(1-i)K_1 \quad (\text{Fig. } 8^a.) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2^{(1)} = \int_{(-b_2)} dw_1 &= \int_{IV}^i dw_1^{(+)} + \int_{III}^0 dw_1^{(+)} + \int_{III}^1 dw_1^{(-)} + \\ &+ \int_{IV}^0 dw_1^{(-)} = -2K_1 \quad (\text{Fig. } 8^b.) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_3^{(1)} = \int_{(-b_3)} dw_1 &= \int_1^i dw_1^{(-)} + \int_i^0 dw_1^{(+)} + \int_{II}^i dw_1^{(-)} + \\ &+ \int_{I}^0 dw_1^{(+)} + \int_0^{-1} dw_1^{(-)} + \int_{I}^0 dw_1^{(+)} = 2K_1 \quad (\text{Fig. } 8^c.) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_1^{(1)} = \int_{(+a_1)} dw_1 &= \int_1^1 dw_1^{(+)} + \int_{II}^0 dw_1^{(-)} + \int_I^0 dw_1^{(+)} + \\ &+ \int_{II}^0 dw_1^{(-)} = 4K_1 \quad (\text{Fig. } 8^d.) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_2^{(1)} = \int_{(+a_2)} dw_1 &= \int_{IV}^i dw_1^{(-)} + \int_{III}^0 dw_1^{(-)} + \int_{III}^1 dw_1^{(+)} + \\ &+ \int_{IV}^0 dw_1^{(+)} = -2K_1 \quad (\text{Fig. } 8^e.) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_3^{(1)} = \int_{(+a_3)} dw_1 &= \int_{II}^1 dw_1^{(+)} + \int_{II}^0 dw_1^{(-)} + \int_{II}^i dw_1^{(+)} + \\ &+ \int_{II}^0 dw_1^{(-)} + \int_I^i dw_1^{(+)} + \int_{II}^0 dw_1^{(-)} = -2K_1 \quad (\text{Fig. } 8^f.) \end{aligned}$$

Pour obtenir les douze modules relatifs aux intégrales w_1 , w_2 , il suffit de remplacer dans les formules précédentes w_1 à tour par w_2 et w_3 . Le tableau p. 12 fournit ensuite les valeurs désirées.

Résumé des modules de périodicité.

$$\begin{array}{l|l} \text{ } & \overline{w_1} \\ \hline A_1^{(1)} = 2(1-i)K_1 & B_1^{(1)} = 4K_1 \\ A_2^{(1)} = -2K_1 & B_2^{(1)} = -2K_1 \\ A_3^{(1)} = 2K_1 & B_3^{(1)} = -2K_1 \end{array}$$

$$\begin{array}{l|l} \text{ } & \overline{w_2} \\ \hline A_1^{(2)} = 0 & B_1^{(2)} = 0 \\ A_2^{(2)} = -2(1+i)K_2 & B_2^{(2)} = 2(1-i)K_2 \\ A_3^{(2)} = 2(1-i)K_2 & B_3^{(2)} = 2(1+i)K_2 \end{array}$$

$$\begin{array}{l|l} \text{ } & \overline{w_3} \\ \hline A_1^{(3)} = 4iK_3 & B_1^{(3)} = 0 \\ A_2^{(3)} = -2(1-i)K_3 & B_2^{(3)} = -2(1+i)K_3 \\ A_3^{(3)} = 2(1+i)K_3 & B_3^{(3)} = -2(1-i)K_3 \end{array}$$

Si l'on pose

$$A_h^{(k)} = \alpha_h^{(k)} + i\beta_h^{(k)}, \quad B_h^{(k)} = \gamma_h^{(k)} + i\delta_h^{(k)},$$

on sait que pour chacune des trois intégrales on doit avoir $\sum_1^3 (\beta_h \gamma_h - \alpha_h \delta_h) < 0$. Or, dans le cas actuel,

$$\begin{array}{l|l|l|l} \alpha_1^{(1)} = 2K_1 & \beta_1^{(1)} = -2K_1 & \gamma_1^{(1)} = 4K_1 & \delta_1^{(1)} = 0 \\ \alpha_2^{(1)} = -2K_1 & \beta_2^{(1)} = 0 & \gamma_2^{(1)} = -2K_1 & \delta_2^{(1)} = 0 \\ \alpha_3^{(1)} = 2K_1 & \beta_3^{(1)} = 0 & \gamma_3^{(1)} = -2K_1 & \delta_3^{(1)} = 0 \end{array}$$

d'où il suit

$$\Sigma(\beta\gamma - \alpha\delta) = -8K_1^2.$$

Pour w_2 et w_3 , on obtient par un calcul analogue

$$\Sigma(\beta\gamma - \alpha\delta) = -16K_2^2, \quad \Sigma(\beta\gamma - \alpha\delta) = -16K_3^2.$$

D'après Riemann, le déterminant

$$\begin{vmatrix} A_1^{(1)} & A_1^{(2)} & A_1^{(3)} \\ A_2^{(1)} & A_2^{(2)} & A_2^{(3)} \\ A_3^{(1)} & A_3^{(2)} & A_3^{(3)} \end{vmatrix}$$

doit être différent de zéro. Cette condition essentielle est encore remplie, attendu que

$$\begin{vmatrix} 2(1-i)K_1 & 0 & 4iK_3 \\ -2K_1 & -2(1+i)K_2 & -2(1-i)K_3 \\ 2K_1 & 2(1-i)K_2 & 2(1+i)K_3 \end{vmatrix} = -32(2+i)K_1K_2K_3$$

Intégrales normales de première espèce.

Les intégrales de première espèce u_1, u_2, u_3 sont dites *normales* quand elles possèdent les modules de périodicité suivants :

Le long des coupures				a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3
modules de périodicité de u_1 :				πi	0	0	a_{11}	a_{12}	a_{13}
» » u_2 :				0	πi	0	a_{21}	a_{22}	a_{23}
» » u_3 :				0	0	πi	a_{31}	a_{32}	a_{33}

Pour les former, il suffit de poser

$$\begin{cases} u_1 = \alpha_1^{(1)} w_1 + \alpha_2^{(1)} w_2 + \alpha_3^{(1)} w_3, \\ u_2 = \alpha_1^{(2)} w_1 + \alpha_2^{(2)} w_2 + \alpha_3^{(2)} w_3, \\ u_3 = \alpha_1^{(3)} w_1 + \alpha_2^{(3)} w_2 + \alpha_3^{(3)} w_3, \end{cases}$$

et de déterminer les 9 constantes $\alpha_k^{(i)}$ à l'aide des conditions

$$\begin{array}{l|l} \text{Coupure } a_1 & \alpha_1^{(1)} A_1^{(1)} + \alpha_2^{(1)} A_1^{(2)} + \alpha_3^{(1)} A_1^{(3)} = \pi i \\ \text{» } a_2 & \alpha_1^{(1)} A_2^{(1)} + \alpha_2^{(1)} A_2^{(2)} + \alpha_3^{(1)} A_2^{(3)} = 0 \\ \text{» } a_3 & \alpha_1^{(1)} A_3^{(1)} + \alpha_2^{(1)} A_3^{(2)} + \alpha_3^{(1)} A_3^{(3)} = 0 \end{array}$$

$u_2.$

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Coupure } a_1 & \left| \alpha_1^{(2)} A_1^{(1)} + \alpha_2^{(2)} A_1^{(2)} + \alpha_3^{(2)} A_1^{(3)} = 0 \right. \\
 \text{» } a_2 & \left| \alpha_1^{(2)} A_2^{(1)} + \alpha_2^{(2)} A_2^{(2)} + \alpha_3^{(2)} A_2^{(3)} = \pi i \right. \\
 \text{» } a_3 & \left| \alpha_1^{(2)} A_3^{(1)} + \alpha_2^{(2)} A_3^{(2)} + \alpha_3^{(2)} A_3^{(3)} = 0 \right.
 \end{array}$$

 $u_3.$

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Coupure } a_1 & \left| \alpha_1^{(3)} A_1^{(1)} + \alpha_2^{(3)} A_1^{(2)} + \alpha_3^{(3)} A_1^{(3)} = 0 \right. \\
 \text{» } a_2 & \left| \alpha_1^{(3)} A_2^{(1)} + \alpha_2^{(3)} A_2^{(2)} + \alpha_3^{(3)} A_2^{(3)} = 0 \right. \\
 \text{» } a_3 & \left| \alpha_1^{(3)} A_3^{(1)} + \alpha_2^{(3)} A_3^{(2)} + \alpha_3^{(3)} A_3^{(3)} = \pi i \right.
 \end{array}$$

ce qui est possible, vu que le déterminant

$$D = \Sigma \pm A_1^{(1)} A_2^{(2)} A_3^{(3)} < 0.$$

De ces équations on tire successivement

$$\begin{aligned}
 \alpha_1^{(1)} &= \frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_2^{(2)} A_2^{(3)}}{A_3^{(2)} A_3^{(3)}} \right| = -\frac{2\pi(2-i)}{20K_1}, \\
 \alpha_2^{(1)} &= -\frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_2^{(1)} A_2^{(3)}}{A_3^{(1)} A_3^{(3)}} \right| = \frac{\pi(2-i)}{20K_2}, \\
 \alpha_3^{(1)} &= \frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_2^{(1)} A_2^{(2)}}{A_3^{(1)} A_3^{(2)}} \right| = \frac{\pi(2-i)}{20K_3}; \\
 \alpha_1^{(2)} &= -\frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_4^{(2)} A_4^{(3)}}{A_5^{(2)} A_5^{(3)}} \right| = \frac{\pi(1-3i)}{20K_1}, \\
 \alpha_2^{(2)} &= \frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_4^{(1)} A_4^{(3)}}{A_5^{(1)} A_5^{(3)}} \right| = -\pi i \frac{1-3i}{20K_2}, \\
 \alpha_3^{(2)} &= -\frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_4^{(1)} A_4^{(2)}}{A_5^{(1)} A_5^{(2)}} \right| = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{(1+i)(1-3i)}{20K_3}; \\
 \alpha_1^{(3)} &= \frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_4^{(2)} A_4^{(3)}}{A_5^{(2)} A_5^{(3)}} \right| = \frac{\pi(3+i)}{20K_1}, \\
 \alpha_2^{(3)} &= -\frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_4^{(1)} A_4^{(3)}}{A_5^{(1)} A_5^{(3)}} \right| = -\pi \frac{(1-i)(3+i)}{20K_2}, \\
 \alpha_3^{(3)} &= \frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_4^{(1)} A_4^{(2)}}{A_5^{(1)} A_5^{(2)}} \right| = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{(1+i)(3+i)}{20K_3}.
 \end{aligned}$$

Par conséquent les intégrales normales sont maintenant

$$\left\{ \begin{aligned} u_1 &= \frac{\pi(2-i)}{20} \left[-2 \frac{w_1}{K_1} + \frac{w_2}{K_2} + \frac{w_3}{K_3} \right] \\ u_2 &= \frac{\pi(1-3i)}{20} \left[\frac{w_1}{K_1} - i \frac{w_2}{K_2} + \frac{1+i}{2} \frac{w_3}{K_3} \right] \\ u_3 &= \frac{\pi(3+i)}{20} \left[\frac{w_1}{K_1} - (1-i) \frac{w_2}{K_2} + \frac{1+i}{2} \frac{w_3}{K_3} \right] \end{aligned} \right.$$

Les modules a_{ik} .

Leur valeur est donnée par les équations

$$\left\{ \begin{aligned} a_{1h} &= \frac{\pi(2-i)}{20} \left[-2 \frac{B_h^{(1)}}{K_1} + \frac{B_h^{(2)}}{K_2} + \frac{B_h^{(3)}}{K_3} \right], \\ a_{2h} &= \frac{\pi(1-3i)}{20} \left[\frac{B_h^{(1)}}{K_1} - i \frac{B_h^{(2)}}{K_2} + \frac{1+i}{2} \frac{B_h^{(3)}}{K_3} \right], \\ a_{3h} &= \frac{\pi(3+i)}{20} \left[\frac{B_h^{(1)}}{K_1} - (1-i) \frac{B_h^{(2)}}{K_2} + \frac{1+i}{2} \frac{B_h^{(3)}}{K_3} \right], \quad h=1,2,3. \end{aligned} \right.$$

En effectuant ces calculs on trouve

$$\begin{aligned} a_{11} &= -\frac{2}{5}\pi(2-i), & a_{12} &= -\frac{1}{5}\pi i(3+i), & a_{13} &= \frac{1}{5}\pi(3+i), \\ a_{21} &= -\frac{1}{5}\pi i(3+i), & a_{22} &= -\frac{2}{5}\pi(2-i), & a_{23} &= -\frac{1}{5}\pi(2-i), \\ a_{31} &= \frac{1}{5}\pi(3+i), & a_{32} &= -\frac{1}{5}\pi(2-i), & a_{33} &= -\frac{2}{5}\pi(3+i). \end{aligned}$$

D'une part on constate que $a_{ik} = a_{ki}$, comme cela doit être d'après un théorème démontré par Riemann. D'autre part, pour que les fonctions $\mathcal{F}$ qu'on peut former avec ces modules, existent, il est nécessaire que la forme quadratique $\sum_{i=1,2,3} \sum_{k=1,2,3} \alpha_i \alpha_k a'_{ik}$,

où α_i, α_k parcourent tous les nombres entiers de $-\infty$ à $+\infty$ et a'_{ik} signifie la partie réelle du module a_{ik} , puisse être décomposée en une somme de trois carrés négatifs. A cet effet il suffit que l'on ait

$$a'_{11} < 0, \quad \delta = \left| \begin{array}{cc} a'_{11} & a'_{12} \\ a'_{21} & a'_{22} \end{array} \right| > 0, \quad \mathcal{A} = \left| \begin{array}{ccc} a'_{11} & a'_{12} & a'_{13} \\ a'_{21} & a'_{22} & a'_{23} \\ a'_{31} & a'_{32} & a'_{33} \end{array} \right|.$$

Or, les valeurs ci-dessus donnent effectivement

$$a'_{11} = -\frac{4}{5}\pi, \quad \delta = +\frac{3}{5}\pi^2, \quad \mathcal{A} = -\frac{2}{5}\pi^3.$$

D'ailleurs on voit aisément qu'on peut écrire directement

$$\begin{aligned} \sum_i \sum_k \alpha_i \alpha_k a'_{ik} = & -\pi \left[\frac{4}{5}(\alpha_1 - \frac{1}{4}\alpha_2 - \frac{3}{4}\alpha_3)^2 + \right. \\ & \left. + \frac{3}{4}(\alpha_2 + \frac{1}{3}\alpha_3)^2 + \frac{2}{3}\alpha_3^2 \right]. \end{aligned}$$

Calcul direct des tangentes doubles à la courbe $s^4 + z^4 -$

Chaque fonction φ devient infiniment petite du premier en quatre points de la surface T' . Il y en a 28 dont les zéros confondent deux à deux. Les racines carrées de celles-ci ou appelées par Riemann *fonctions abéliennes*. Ces 28 fonctions égalées à zéro et interprétées géométriquement, représentent les tangentes doubles à la courbe $s^4 + z^4 - 1 =$ est du plus haut intérêt pour la suite de les connaître. L'écrit suivant va les fournir avec la plus grande facilité.

En exprimant s et z en fonction d'une troisième variable l'aide des formules

$$z = \sqrt{\cos t}, \quad s = \sqrt{\sin t},$$

l'équation

$$(1) \quad s^4 + z^4 - 1 = 0$$

est satisfaite identiquement pour chaque valeur de t . Mais il est plus avantageux d'introduire des coordonnées tangentielles moyennant les formules de transformation connues

$$u = -\frac{ds}{zds - sdz}, \quad v = \frac{dz}{zds - sdz}.$$

Il vient

$$u = -(\cos t)^{\frac{3}{2}}, \quad v = -(\sin t)^{\frac{3}{2}}.$$

L'élimination de t entre ces deux équations conduit ensuite à l'équation en coordonnées tangentielles de la courbe (1), soit

$$v^{\frac{4}{3}} + u^{\frac{4}{3}} - 1 = 0$$

qui, rendue rationnelle, prend la forme

$$(u^3 + v^3 - 1)^5 + 27u^3v^3 = 0.$$

Or, les coordonnées u, v d'une tangente double satisfont simultanément aux trois équations

$$f = (u^3 + v^3 - 1)^5 + 27u^3v^3 = 0,$$

$$\frac{\partial f}{\partial u} = 12(u^3 + v^3 - 1)^4 u^2 + 4 \cdot 27u^2v^3 = 0,$$

$$\frac{\partial f}{\partial v} = 12(u^3 + v^3 - 1)^4 v^2 + 4 \cdot 27u^3v^2 = 0$$

ou en supprimant dans les deux dernières équations les facteurs $12u^2, 12v^2$

$$\alpha) \quad (u^3 + v^3 - 1)^5 + 27u^3v^3 = 0,$$

$$\beta) \quad (u^3 + v^3 - 1)^4 + 9v^3 = 0,$$

$$\gamma) \quad (u^3 + v^3 - 1)^4 + 9u^3 = 0.$$

Les facteurs supprimés correspondent aux huit couples de racines

$$u = 0, \quad v = \sqrt[4]{1} = 1, -1, i, -i,$$

$$v = 0, \quad u = \sqrt[4]{1} = 1, -1, i, -i.$$

Par la comparaison des équations $\beta)$ et $\gamma)$ on trouve la relation $v^4 = u^4$ qui, introduite dans $\alpha)$ et $\beta)$, donne

$$(2u^4 - 1)^5 = -27u^8,$$

$$(2u^4 - 1)^3 = -9u^4,$$

d'où par division

$$2u^4 - 1 = 3u^4$$

ou encore

$$u^4 = -1.$$

Ainsi u peut aussi prendre les valeurs

$$u = e^{\frac{1}{4}\pi i}, \quad u = e^{-\frac{1}{4}\pi i}, \quad u = -e^{\frac{1}{4}\pi i}, \quad u = -e^{-\frac{1}{4}\pi i}.$$

En combinant chacune d'elles avec les quatre valeurs correspondantes de v , on obtient 16 autres couples de racines.

Pour déterminer enfin les quatre derniers couples il suffit de diviser $\alpha)$ par v^{12} , $\beta)$ et $\gamma)$ par v^4 :

$$\left[\left(\frac{u}{v}\right)^4 + 1 - \frac{1}{v^4}\right]^3 + \frac{27}{v^4}\left(\frac{u}{v}\right)^4 = 0,$$

$$\left[\left(\frac{u}{v}\right)^4 + 1 - \frac{1}{v^4}\right]^2 + \frac{9}{v^4} = 0,$$

$$\left[\left(\frac{u}{v}\right)^4 + 1 - \frac{1}{v^4}\right] + \frac{9}{v^4}\left(\frac{u}{v}\right)^4 = 0$$

et l'on voit immédiatement que ces équations admettent les racines

$$v = \infty, \quad \frac{u}{v} = \pm \sqrt{\pm i}.$$

Si l'on pose pour abréger l'écriture

$$\sqrt{i} = \frac{1+i}{\sqrt{2}} = \varepsilon, \quad \sqrt{-i} = \frac{1-i}{\sqrt{2}} = \varepsilon',$$

de sorte que

$$\varepsilon\varepsilon' = 1, \quad \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} = -i, \quad \frac{\varepsilon}{\varepsilon'} = i, \quad \frac{1}{\varepsilon} = \varepsilon, \quad \frac{1}{\varepsilon'} = \varepsilon', \quad \varepsilon^2 = i, \quad \varepsilon'^2 = -i$$

on a maintenant les 28 couples de racines suivants

$$\begin{array}{l} u \left| \begin{array}{ccc} 0, & 0, & 0 \end{array} \right| \begin{array}{ccc} 1, & -1, & i, & -i \end{array} \left| \begin{array}{ccc} \varepsilon, & \varepsilon, & \varepsilon \end{array} \right| \begin{array}{ccc} -\varepsilon, & -\varepsilon, & -\varepsilon \end{array}, \\ v \left| \begin{array}{ccc} 1, & -1, & i, & -i \end{array} \right| \begin{array}{ccc} 0, & 0, & 0 \end{array} \left| \begin{array}{ccc} \varepsilon, & -\varepsilon, & \varepsilon', & -\varepsilon' \end{array} \right| \begin{array}{ccc} \varepsilon, & -\varepsilon, & \varepsilon' \end{array}, \end{array}$$

$$\left| \begin{array}{ccc} \varepsilon', & \varepsilon', & \varepsilon', & \varepsilon' \end{array} \right| \begin{array}{ccc} -\varepsilon', & -\varepsilon', & -\varepsilon', & -\varepsilon' \end{array} \left| \begin{array}{ccc} \varepsilon, & -\varepsilon, & \varepsilon', & -\varepsilon' \end{array} \right|$$

$$v = \infty \left| \begin{array}{ccc} \frac{u}{v} = \varepsilon, & \frac{u}{v} = -\varepsilon, & \frac{u}{v} = \varepsilon', & \frac{u}{v} = -\varepsilon' \end{array} \right|$$

En les substituant à tour de rôle dans l'équation

$$uz + vs + 1 = 0,$$

modifiée pour plus d'uniformité en

$$s + \frac{u}{v}z + \frac{1}{v} = 0,$$

on a finalement pour les 28 tangentes doubles à la courbe (1) les équations en coordonnées ponctuelles

$$\begin{array}{l} s+1=0 \quad z+1=0 \quad s+z+\varepsilon'=0 \quad s-z+\varepsilon'=0 \\ s-1=0 \quad z-1=0 \quad s-z-\varepsilon'=0 \quad s+z-\varepsilon'=0 \\ s-i=0 \quad z-i=0 \quad s+iz+\varepsilon=0 \quad s-iz+\varepsilon=0 \\ s+i=0 \quad z+i=0 \quad s-iz-\varepsilon=0 \quad s+iz-\varepsilon=0 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} s-iz+\varepsilon'=0 \quad s+iz+\varepsilon'=0 \quad s+\varepsilon z=0 \\ s+iz-\varepsilon'=0 \quad s-iz-\varepsilon'=0 \quad s-\varepsilon z=0 \\ s+z+\varepsilon=0 \quad s-z+\varepsilon=0 \quad s+\varepsilon'z=0 \\ s-z-\varepsilon=0 \quad s+z-\varepsilon=0 \quad s-\varepsilon'z=0 \end{array}$$

Points de contact des tangentes doubles.

Dans la suite, on aura plus d'une fois besoin de connaître les points de contact des tangentes doubles, soit les zéros des fonctions abéliennes. Douze des 28 tangentes doubles dans l'exemple choisi présentent cette particularité que leurs deux points de contact se confondent, en sorte qu'elles forment un contact du 2^e ordre avec la courbe $s^2 + z^2 - 1 = 0$. Ce sont les suivantes :

Tangente.	Point de contact.	Nappe.
$s+1=0$	$z=0, \quad s=-1$	III
$s-1=0$	$z=0, \quad s=1$	I
$s-i=0$	$z=0, \quad s=i$	II
$s+i=0$	$z=0, \quad s=-i$	IV
$z+1=0$	$z=-1, \quad s=0$	D ^e toutes les 4.
$z-1=0$	$z=1, \quad s=0$	
$z-i=0$	$z=i, \quad s=0$	
$z+i=0$	$z=-i, \quad s=0$	
$s+\varepsilon z=0$	À l'infini d ^e la direction -135°	III
$s-\varepsilon z=0$	» » 45°	I
$s+\varepsilon'z=0$	» » $+135^\circ$	II
$s-\varepsilon'z=0$	» » -45°	IV

Seuls les quatre derniers cas demandent une petite explication. Soit à déterminer la nappe dans laquelle se trouve le point de contact par exemple de la tangente

$$s + \varepsilon z = 0.$$

D'après cette équation, si z parcourt l'axe réel de $+1$ à $-\infty$, s décrira la droite $\eta = \xi$ de $\xi = \eta = -\frac{1}{\sqrt{2}}$ à $\xi = \eta = -\infty$. (C

correspondance, on l'a déjà vu, n'a lieu que dans la 3^e napp

En ce qui concerne les 16 autres tangentes doubles, on procédera de la manière suivante. Soit, par exemple, à déterminer les points de contact de la tangente

$$s + z + \varepsilon' = 0.$$

De cette équation on tire

$$s = -(z + \varepsilon').$$

Cette valeur de s introduite dans l'équation $s^4 + z^4 - 1 = 0$ il vient

$$(z + \varepsilon')^4 + z^4 - 1 = 0$$

ou bien, en développant et en supprimant le facteur 2,

$$z^4 + 2\varepsilon'z^5 - 3iz^2 - 2\varepsilon z - 1 = 0.$$

Or, si l'on désigne par z_1 et z_2 les racines doubles de l'équation, on doit avoir identiquement

$$z^4 + 2\varepsilon'z^5 - 3iz^2 - 2\varepsilon z - 1 = (z - z_1)^2(z - z_2)^2 = z^4 - 2(z_1 + z_2)z^3 + (z_1^2 + 4z_1z_2 + z_2^2)z^2 - 2z_1z_2(z_1 + z_2)z + z_1^2z_2^2$$

La comparaison des coefficients qu'affectent de part et d'autre les mêmes puissances de z , fournit ensuite les égalités

$$\alpha) \quad z_1 + z_2 = -\varepsilon',$$

$$\beta) \quad z_1^2 + 4z_1z_2 + z_2^2 = -3i,$$

$$\gamma) \quad z_1z_2(z_1 + z_2) = \varepsilon,$$

$$\delta) \quad z_1^2z_2^2 = 1,$$

dont on tire, en divisant $\gamma)$ par $\alpha)$

$$z_1z_2 = -\frac{\varepsilon}{\varepsilon'} = -i.$$

Connaissant maintenant la somme et le produit des quantités z_1 et z_2 , on obtient celles-ci en résolvant l'équation quadratique

$$z^2 + \varepsilon' z - i = 0$$

dont les racines sont

$$z_1 = \varepsilon' \frac{-1 + i\sqrt{3}}{2},$$

$$z_2 = \varepsilon' \frac{-1 - i\sqrt{3}}{2}.$$

Mais

$$\frac{-1 + i\sqrt{3}}{2} = -e^{-\frac{1}{3}\pi i} = e^{\frac{2}{3}\pi i},$$

$$\frac{-1 - i\sqrt{3}}{2} = -e^{\frac{1}{3}\pi i} = e^{-\frac{2}{3}\pi i} \quad \text{et} \quad \varepsilon' = e^{-\frac{1}{4}\pi i};$$

on peut donc donner à z_1 et z_2 la forme

$$z_1 = e^{-\frac{1}{4}\pi i} e^{\frac{2}{3}\pi i} = e^{\frac{5}{12}\pi i},$$

$$z_2 = e^{-\frac{1}{4}\pi i} e^{-\frac{2}{3}\pi i} = e^{-\frac{11}{12}\pi i}.$$

Ces valeurs vérifient les quatre équations $\alpha)$, $\beta)$, $\gamma)$, $\delta)$. Les valeurs correspondantes de s sont

$$\begin{aligned} s_1 &= -(z_1 + \varepsilon') = -(e^{\frac{5}{12}\pi i} + e^{-\frac{1}{4}\pi i}) = -(e^{\frac{5}{12}\pi i} + e^{-\frac{3}{12}\pi i}) = \\ &= -e^{\frac{1}{12}\pi i} (e^{\frac{4}{12}\pi i} + e^{-\frac{4}{12}\pi i}) = -e^{\frac{1}{12}\pi i} (e^{\frac{1}{3}\pi i} + e^{-\frac{1}{3}\pi i}) = \\ &= -e^{\frac{1}{12}\pi i} = e^{-\frac{11}{12}\pi i}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_2 &= -(z_2 + \varepsilon') = -(e^{-\frac{11}{12}\pi i} + e^{-\frac{1}{4}\pi i}) = \\ &= -e^{-\frac{7}{12}\pi i} (e^{-\frac{1}{3}\pi i} + e^{\frac{1}{3}\pi i}) = -e^{-\frac{7}{12}\pi i} = e^{\frac{5}{12}\pi i}. \end{aligned}$$

Ainsi les points de contact de la tangente considérée sont donnés par

$$z_1 = e^{\frac{5}{12}\pi i}, \quad s_1 = e^{-\frac{11}{12}\pi i},$$

$$z_2 = e^{-\frac{11}{12}\pi i}, \quad s_2 = e^{\frac{5}{12}\pi i},$$

Reste à savoir dans quelles nappes de la surface T' ces points se trouvent. A cet effet, on remarque aisément, à l'aide des fig. 2 et 3, que si $z_1 = e^{\frac{5}{12}\pi i}$ était pris dans la 1^{re} nappe, la valeur correspondante de s serait $s = e^{\frac{7}{12}\pi i}$. Or,

$$s_1 = is = e^{\frac{6}{12}\pi i} e^{\frac{7}{12}\pi i} = e^{\frac{13}{12}\pi i} = e^{-\frac{11}{12}\pi i}.$$

Il s'ensuit que le point z_1 est situé dans la 2^e nappe. D'une manière analogue, on reconnaît que le point z_2 se trouve dans la 3^e nappe.

Plus loin, lorsque cette étude sera un peu plus avancée, tout ce qui concerne les 28 fonctions abéliennes sera réuni dans un tableau. Incidemment, on peut constater dès à présent que leurs 56 zéros se répartissent également sur les quatre nappes de la surface T' .

Fonctions abéliennes correspondant à un système complet de caractéristiques impaires.

La théorie des caractéristiques, traitée complètement dans l'ouvrage de M. Weber (p. 17 à 33), est supposée connue. A chaque tangente double on peut adjoindre une des 28 caractéristiques impaires. Une caractéristique paire quelconque (p) est accompagnée de 8 systèmes complets de 7 caractéristiques impaires. Les tangentes doubles répondant à un tel système se distinguent par la propriété que jamais les six points de contact de trois d'entre elles ne sont situés sur une conique. Dans la théorie générale, on a la facilité d'attribuer à ces tangentes un système complet quelconque de caractéristiques impaires. Il n'en est plus de même lorsque l'équation de la courbe du 4^e degré et ses 28 tangentes doubles sont connues et que l'on a fait choix de la surface T' . Dans ce cas, la difficulté essentielle consiste précisément à trouver 7 tangentes doubles et leurs caractéristiques satisfaisant à la condition indiquée. Ce problème résolu,

caractéristiques des 21 autres tangentes doubles sont données par la théorie générale. Voici de quelle manière on peut arriver à la solution désirée. (Comp. Riemann, p. 460 et suiv.) D'après Riemann et Weber (p. 82), il est possible de mettre l'équation de la courbe du 4^e degré sous la forme

$$f^2 - x_1 \xi_1 x_2 \xi_2 = 0,$$

$f=0$ désignant l'équation d'une conique, et $x_1=0$, $\xi_1=0$, $x_2=0$, $\xi_2=0$, exprimées en fonction des coordonnées z et s , celles de quatre tangentes doubles à la courbe proposée, telles que leurs points de contact se trouvent sur la conique $f=0$. Or,

$$s-1=0, \quad s+1=0, \quad z-1=0, \quad z+1=0$$

représentent évidemment quatre tangentes doubles dont les points de contact sont situés sur la circonférence

$$s^2 + z^2 - 1 = 0.$$

Par conséquent, l'équation $s' + z' - 1 = 0$ peut prendre la forme

$$(s^2 + z^2 - 1)^2 - 2(s^2 - 1)(z^2 - 1) = 0.$$

Il existe six couples de tangentes doubles pour lesquels la somme des caractéristiques est la même et qui, de ce fait, constituent un groupe. Si l'on considère, par exemple,

$$s-1=0, \quad s+1=0; \quad z-1=0, \quad z+1=0$$

comme deux couples d'un groupe, il est intéressant de chercher les quatre autres couples du même groupe. A cet effet, il est aisé de voir que l'équation

$$\alpha^2(s^2 - 1) + \alpha(s^2 + z^2 - 1) + \frac{1}{2}(z^2 - 1) = 0,$$

où α signifie un paramètre variable, représente une conique qui touche la courbe du 4^e degré en quatre points. Toutes les fois que cette conique dégénère en deux droites, on obtient un couple de tangentes doubles appartenant au même groupe, vu que leurs points de contact, de même que ceux du couple $s+1=0$, $s-1=0$ satisfont à l'équation

$$2\alpha(s^2 - 1) + (s^2 + z^2 - 1) = 0.$$

La condition bien connue qui entraîne la dégénération de la conique

$$a_{11}z^2 + 2a_{12}zs + a_{22}s^2 + 2a_{13}z + 2a_{23}s + a_{33} = 0 \\ = \left(\alpha + \frac{1}{2}\right)z^2 + \alpha(\alpha + 1)s^2 + \left(-\alpha^2 - \alpha - \frac{1}{2}\right) = 0$$

fournit la relation

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \alpha + \frac{1}{2} & 0 & 0 \\ 0 & \alpha(\alpha + 1) & 0 \\ 0 & 0 & -\left(\alpha^2 + \alpha + \frac{1}{2}\right) \end{vmatrix} = \\ = -\left(\alpha + \frac{1}{2}\right)\alpha(\alpha + 1)\left(\alpha + \frac{1-i}{2}\right)\left(\alpha + \frac{1+i}{2}\right) = 0$$

que l'on peut considérer comme une équation du 6^e degré en α dont une racine est $= \infty$. A ses six racines répondent les couples suivants :

α

Couples.

∞	$s - 1 = 0$	$s + 1 = 0$
0	$z - 1 = 0$	$z + 1 = 0$
-1	$z - i = 0$	$z + i = 0$
$-\frac{1}{2}$	$s - i = 0$	$s + i = 0$
$\frac{-1+i}{2}$	$s - \varepsilon z = 0$	$s + \varepsilon z = 0$
$\frac{-1+i}{2}$	$s - \varepsilon' z = 0$	$s + \varepsilon' z = 0$

Ceci posé, on introduit un système de coordonnées homogènes, en choisissant pour x_1, x_2, x_3 trois tangentes doubles telles que leurs points de contact ne sont pas situés sur une conique. Les tangentes

$$x_1 = A(s - 1), \quad x_2 = B(z + 1), \quad x_3 = C(z - i)$$

remplissent cette condition, et les fonctions qui forment des couples avec les précédentes sont

$$\xi_1 = s + 1, \quad \xi_2 = z - 1, \quad \xi_3 = z + i.$$

Les constantes A, B, C doivent être déterminées de telle sorte que l'équation

$$\sqrt{x_1 \xi_1} + \sqrt{x_2 \xi_2} + \sqrt{x_3 \xi_3} = 0,$$

exprimée en fonction de s et de z et rendue rationnelle, produise, à un facteur constant près, l'équation donnée $s^4 + z^4 - 1 = 0$. On trouve sans difficulté

$$A = 1, \quad B = \frac{1}{2}, \quad C = -\frac{1}{2}.$$

On posera donc provisoirement

$$\begin{cases} x_1 = s - 1, & x_2 = \frac{1}{2}(z + 1), & x_3 = -\frac{1}{2}(z - i), \\ \xi_1 = s + 1, & \xi_2 = z - 1, & \xi_3 = z + i. \end{cases}$$

Or, Riemann (l. c. p. 464) et Weber (p. 91) démontrent qu'entre les six fonctions $x_1, x_2, x_3, \xi_1, \xi_2, \xi_3$ il existe quatre équations linéaires et homogènes de la forme

$$(1) \quad \alpha x_1 + \beta x_2 + \gamma x_3 + \alpha' \xi_1 + \beta' \xi_2 + \gamma' \xi_3 = 0,$$

pourvu que les constantes $\alpha, \beta, \gamma, \alpha', \beta', \gamma'$ satisfassent aux conditions

$$\alpha\alpha' = \beta\beta' = \gamma\gamma'.$$

Une de ces équations est alors nécessairement une conséquence des trois autres. Les quatre expressions $\sqrt{\alpha x_1 + \beta x_2 + \gamma x_3}$ sont les fonctions abéliennes désirées, c'est-à-dire celles qui, jointes à $\sqrt{x_1}, \sqrt{x_2}, \sqrt{x_3}$ répondent à un système complet de caractéristiques impaires.

Pour les déterminer, on partira des trois équations faciles à vérifier

$$x_1 + 2(1-i)x_2 + 2(1-i)x_3 - \xi_1 = 0,$$

$$2ix_2 - 2(1-i)x_3 - \xi_2 = 0,$$

$$2(1+i)x_2 + 2ix_3 - \xi_3 = 0.$$

En les multipliant respectivement par l_1, l_2, l_3 et en ajoutant, il vient une nouvelle équation que l'on peut identifier avec (1) :

$$\begin{aligned} & l_1 x_1 + 2[l_1(1-i) + l_2 i + l_3(1+i)]x_2 + \\ & + 2[l_1(1-i) - l_2(1-i) + l_3 i]x_3 - l_1 \xi_1 - l_2 \xi_2 - l_3 \xi_3 = \\ & = \alpha x_1 + \beta x_2 + \gamma x_3 + \alpha' \xi_1 + \beta' \xi_2 + \gamma' \xi_3. \end{aligned}$$

On en tire

$$(2) \quad \left\{ \begin{array}{l} \alpha = l_1, \\ \beta = 2[l_1(1-i) + l_2 i + l_3(1+i)], \\ \gamma = 2[l_1(1-i) - l_2(1-i) + l_3 i], \end{array} \right. \left| \begin{array}{l} \alpha' = -l_1, \\ \beta' = -l_2, \\ \gamma' = -l_3. \end{array} \right.$$

Les conditions $\alpha\alpha' = \beta\beta' = \gamma\gamma'$ donnent lieu aux équations

$$\begin{aligned} -l_1^2 &= -2l_2[l_1(1-i) + l_2 i + l_3(1+i)] = \\ &= -2l_3[l_1(1-i) - l_2(1-i) + l_3 i] \end{aligned}$$

qui, à leur tour, servent à déterminer les rapports $l_1 : l_2 : l_3$.

Soit, à cet effet,

$$l_2 = ml_1, \quad l_3 = nl_1.$$

Les équations précédentes, après la suppression du facteur commun $-l_1^2$ prennent maintenant la forme

$$(3) \quad m(1-i) + m^2 i + mn(1+i) = \frac{1}{2},$$

$$(4) \quad n(1-i) + n^2 i - mn(1-i) = \frac{1}{2}.$$

En les ajoutant il vient

$$(1-i)(m+n) + i(m^2 + n^2) + 2imn = 1,$$

ou bien

$$(m+n)^2 - (1+i)(m+n) + i = 0.$$

Il s'ensuit

$$\begin{aligned} m+n &= \frac{1+i}{2} \pm \sqrt{\frac{(1+i)^2}{4} - i} = \frac{1+i}{2} \pm \sqrt{-\frac{i}{2}} = \\ &= \frac{1+i}{2} \pm \frac{1-i}{2}, \end{aligned}$$

soit

$$a) \quad m + n = 1, \quad b) \quad m + n = i.$$

La substitution de $n = 1 - m$ dans l'équation (3) donne

$$m = 1 \pm \sqrt{\frac{1}{2}},$$

tandis que $n = i - m$ fournit

$$m = \pm \frac{i}{\sqrt{2}}.$$

On a ainsi les quatre couples de valeurs

$$\begin{aligned} m_1 &= 1 + \sqrt{\frac{1}{2}}, \quad m_2 = 1 - \sqrt{\frac{1}{2}}, \quad m_3 = \frac{i}{\sqrt{2}}, \quad m_4 = -\frac{i}{\sqrt{2}}, \\ n_1 &= -\sqrt{\frac{1}{2}}, \quad n_2 = \sqrt{\frac{1}{2}}, \quad n_3 = i\left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right), \quad n_4 = i\left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right), \end{aligned}$$

lesquelles, introduites dans les formules (2), conduisent aux systèmes suivants :

$$\begin{aligned} \left\{ \begin{array}{l} \alpha_1 = l_1 \\ \beta_1 = 2l_1 \left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right) \\ \gamma_1 = -\frac{2l_1}{\sqrt{2}} \end{array} \right. & \left\{ \begin{array}{l} \alpha'_1 = -l_1 \\ \beta'_1 = -\left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right)l_1 \\ \gamma'_1 = \frac{l_1}{\sqrt{2}} \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} \alpha_2 = l_1 \\ \beta_2 = 2l_1 \left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right) \\ \gamma_2 = \frac{2l_1}{\sqrt{2}} \end{array} \right. & \left\{ \begin{array}{l} \alpha'_2 = -l_1 \\ \beta'_2 = -\left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right)l_1 \\ \gamma'_2 = -\frac{l_1}{\sqrt{2}} \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} \alpha_3 = l_1 \\ \beta_3 = -\frac{2il_1}{\sqrt{2}} \\ \gamma_3 = -2il_1 \left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right) \end{array} \right. & \left\{ \begin{array}{l} \alpha'_3 = -l_1 \\ \beta'_3 = -\frac{i}{\sqrt{2}}l_1 \\ \gamma'_3 = -i\left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right)l_1 \end{array} \right. \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_1 = l_1 \\ \beta_1 = \frac{2il_1}{\sqrt{2}} \\ \gamma_1 = -2il_1 \left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right) \end{array} \right. \left| \begin{array}{l} \alpha'_1 = -l_1 \\ \beta'_1 = \frac{il_1}{\sqrt{2}} \\ \gamma'_1 = -i \left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right) l_1 \end{array} \right. \parallel$$

Les valeurs de $\alpha, \beta, \gamma, \alpha', \beta', \gamma'$ étant connues, on a maintenant aussi, en vertu de l'équation (1),

$$\begin{aligned} \frac{\alpha_1 x_1 + \beta_1 x_2 + \gamma_1 x_3}{l_1} &= - \frac{\alpha'_1 \xi_1 + \beta'_1 \xi_2 + \gamma'_1 \xi_3}{l_1} = \\ &= x_1 + (2 - \sqrt{2})x_2 - \sqrt{2}x_3 = s - 1 + \left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right)(z+1) + \\ &\quad + \frac{1}{\sqrt{2}}(z-i) = s + z - \frac{1+i}{\sqrt{2}} = s + z - \varepsilon \end{aligned}$$

et de même

$$\begin{aligned} \frac{\alpha_2 x_1 + \beta_2 x_2 + \gamma_2 x_3}{l_1} &= - \frac{\alpha'_2 \xi_1 + \beta'_2 \xi_2 + \gamma'_2 \xi_3}{l_1} = s + z + \varepsilon, \\ \frac{\alpha_3 x_1 + \beta_3 x_2 + \gamma_3 x_3}{l_1} &= - \frac{\alpha'_3 \xi_1 + \beta'_3 \xi_2 + \gamma'_3 \xi_3}{l_1} = s + iz + \varepsilon', \\ \frac{\alpha_4 x_1 + \beta_4 x_2 + \gamma_4 x_3}{l_1} &= - \frac{\alpha'_4 \xi_1 + \beta'_4 \xi_2 + \gamma'_4 \xi_3}{l_1} = s + iz - \varepsilon'. \end{aligned}$$

Ainsi qu'on l'a déjà fait remarquer, les fonctions

$$x_1, x_2, x_3$$

$$g^\circ = s + z - \varepsilon, g = s + z + \varepsilon, g' = s + iz + \varepsilon', g'' = s + iz - \varepsilon',$$

ou, pour mieux dire, leurs racines carrées forment un système complet. Pour amener l'identité

$$g^\circ = x_1 + x_2 + x_3 = -(\xi_1 + \xi_2 + \xi_3)$$

il est nécessaire de munir les fonctions $x_1, x_2, x_3, \xi_1, \xi_2, \xi_3$ de certains facteurs constants; en d'autres termes, on remplacera

$$x_1, \quad x_2, \quad x_3, \quad \xi_1, \quad \xi_2, \quad \xi_3,$$

$$\text{par } x_1, \quad \frac{x_2}{2 - \sqrt{2}}, \quad -\frac{x_3}{\sqrt{2}}, \quad -\xi_1, \quad -\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2} + 1} \xi_2, \quad \sqrt{2} \xi_3,$$

de sorte que dorénavant

$$\begin{aligned} x_1 &= s-1, \quad x_2 = \left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right)(z+1), \quad x_3 = \frac{1}{\sqrt{2}}(z-i), \\ \xi_1 &= -(s+1), \quad \xi_2 = -\left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right)(z-1), \quad \xi_3 = \frac{1}{\sqrt{2}}(z+i). \end{aligned}$$

Ces six expressions, dans leur nouvelle acception, satisfont également à l'équation

$$\sqrt{x_1 \xi_1} + \sqrt{x_2 \xi_2} + \sqrt{x_3 \xi_3} = 0.$$

Cela posé, les équations (23) de M. Weber (p. 93) deviennent maintenant

$$\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + x_1 + x_2 + x_3 = 0.$$

$$\begin{aligned} \frac{\xi_1}{\alpha_1} + \frac{\xi_2}{\alpha_2} + \frac{\xi_3}{\alpha_3} + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 &= \xi_1 + (\sqrt{2}-1)^2 \xi_2 - \xi_3 + \\ &+ x_1 + (\sqrt{2}+1)^2 x_2 - x_3 = 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\xi_1}{\alpha'_1} + \frac{\xi_2}{\alpha'_2} + \frac{\xi_3}{\alpha'_3} + \alpha'_1 x_1 + \alpha'_2 x_2 + \alpha'_3 x_3 &= \xi_1 + i(\sqrt{2}-1)\xi_2 - \\ &- i(\sqrt{2}-1)\xi_3 + x_1 - i(\sqrt{2}+1)x_2 + i(\sqrt{2}+1)x_3 = 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\xi_1}{\alpha''_1} + \frac{\xi_2}{\alpha''_2} + \frac{\xi_3}{\alpha''_3} + \alpha''_1 x_1 + \alpha''_2 x_2 + \alpha''_3 x_3 &= \xi_1 - i(\sqrt{2}-1)\xi_2 - \\ &- i(\sqrt{2}+1)\xi_3 + x_1 + i(\sqrt{2}+1)x_2 + i(\sqrt{2}-1)x_3 = 0. \end{aligned}$$

On en conclut

$$\begin{cases} \alpha_1 = 1, & \alpha_2 = (\sqrt{2}+1)^2, & \alpha_3 = -1, \\ \alpha'_1 = 1, & \alpha'_2 = -i(\sqrt{2}+1), & \alpha'_3 = i(\sqrt{2}+1), \\ \alpha''_1 = 1, & \alpha''_2 = i(\sqrt{2}+1), & \alpha''_3 = i(\sqrt{2}-1). \end{cases}$$

Ces quantités ont été appelées par M. Weber *modules de classe* (p. 103). Les *modules dérivés* $\alpha''_1, \alpha''_2, \alpha''_3$ dépendent des α et α' et les formules (28), p. 95 de l'ouvrage de M. W., indiquent le moyen de les déterminer. Bien qu'il ne soit pas nécessaire de vérifier ces formules, l'esprit éprouve toujours une certaine satisfaction lorsqu'en appliquant une théorie générale à un cas parti-

culier il arrive à des résultats prévus. C'est à ce point de vue les quelques lignes suivantes figurent dans le présent mém.

Ecrivant, pour abrégé,

$$\begin{vmatrix} 1, & 1, & 1 \\ \alpha_1, & \alpha_2, & \alpha_3 \\ \alpha'_1, & \alpha'_2, & \alpha'_3 \end{vmatrix} = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3), \quad \begin{vmatrix} 1, & 1, & 1 \\ \alpha_1, & \frac{1}{\alpha_2}, & \frac{1}{\alpha_3} \\ \alpha'_1, & \frac{1}{\alpha'_2}, & \frac{1}{\alpha'_3} \end{vmatrix} = \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right),$$

on trouve successivement

$$\left(\alpha_1, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right) = \left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right) = -2\sqrt{2}(1+i)(\sqrt{2}+1),$$

$$\left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right) = \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right) = -2\sqrt{2}(1+i)(\sqrt{2}-1),$$

$$\left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \alpha_3\right) = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = -2\sqrt{2}(1-i)(\sqrt{2}+1),$$

$$\left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right) = \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right) = -2\sqrt{2}(1-i)(\sqrt{2}-1).$$

Ensuite

$$\begin{aligned} & \frac{\alpha_2 \alpha'_2 \alpha''_2 \cdot \alpha_3 \alpha'_3 \alpha''_3 \cdot \alpha_1 \alpha'_1 \alpha''_1}{\alpha_3 \alpha'_3 \alpha''_3} = \\ & = (\alpha_2 \alpha'_2 \alpha''_2)^3 = \frac{\left(\alpha_1, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right) (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \alpha_3\right)}{\left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right) \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right)} \\ & = \frac{\left(\alpha_1, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right)^2 (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)^2}{\left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right)^2 \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right)^2} = \frac{(1\sqrt{2}+1)^4}{(1\sqrt{2}-1)^4} = (1\sqrt{2}+1)^8; \end{aligned}$$

or,

$$\alpha_2 \alpha'_2 = -i(1\sqrt{2}+1)^3, (\alpha_2 \alpha'_2)^3 = -(1\sqrt{2}+1)^6,$$

par conséquent,

$$\alpha'_1 := -\frac{(\sqrt{2}+1)^3}{(\sqrt{2}+1)^6} = -(\sqrt{2}+1)^3 \text{ et } \alpha''_2 = \pm i(\sqrt{2}+1).$$

De la même manière il vient

$$\begin{aligned} (\alpha_1 \alpha'_1 \alpha''_3)^2 &= \frac{\left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \alpha_3\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right) (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right)}{\left(\alpha_1, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right) \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right)} = \\ &= \frac{(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)^2 \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right)^2}{\left(\alpha_1, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right)^2 \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right)^2} = 1, \end{aligned}$$

mais

$$(\alpha_3 \alpha'_3)^2 = -(\sqrt{2}+1)^2,$$

par conséquent,

$$\alpha_3''^2 = -(\sqrt{2}-1)^2 \text{ et } \alpha_3'' = \pm i(\sqrt{2}-1).$$

Enfin on trouve

$$(\alpha_1 \alpha'_1 \alpha''_1)^2 = \frac{\left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right) \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right) (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) \left(\alpha_1, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right)}{\left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \alpha_3\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right)} = 1$$

et puisque

$$(\alpha_1 \alpha'_1)^2 = 1, \text{ on a } \alpha''_1^2 = 1 \text{ et } \alpha''_1 = \pm 1.$$

Ainsi, au signe près, les modules dérivés α''_1 , α''_2 , α''_3 , sont connus. Si, pour une raison ou pour une autre, on a choisi l'un des signes, les deux autres ne sauraient plus être douteux. En effet, soit par exemple $\alpha''_2 = +1$; alors l'égalité

$$\frac{\alpha_3 \alpha'_3 \alpha''_3}{\alpha_1 \alpha'_1 \alpha''_1} = \frac{\left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \alpha_3\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right)}{\left(\alpha_1, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right) \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right)} = +1$$

fournit

$$\alpha''_3 = \frac{\alpha_1 \alpha'_1 \alpha''_1}{\alpha_3 \alpha'_3} = i(\sqrt{2} - 1)$$

et

$$\frac{\alpha_1 \alpha'_1 \alpha''_1}{\alpha_2 \alpha'_2 \alpha''_2} = \frac{\left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right) \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right)}{\left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \alpha_3\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right)} = (\sqrt{2} - 1)^4$$

donne de même

$$\alpha''_2 = \frac{\alpha_1 \alpha'_1 \alpha''_1}{\alpha_2 \alpha'_2} (\sqrt{2} + 1)^4 = i(\sqrt{2} + 1).$$

Les 18 autres fonctions abéliennes.

Les 28 fonctions abéliennes ont déjà été trouvées précédemment. On fera connaître plus loin un moyen qui permet de terminer leurs caractéristiques d'une manière directe; toutefois dans l'intérêt de la brièveté, il est préférable d'appliquer les formules de M. W. (p. 96 et s.) qui donnent non-seulement la forme de ces fonctions, mais encore les caractéristiques correspondantes. On obtient successivement

$$\begin{aligned} \gamma_1^0 &= x_1 + \xi_2 + \xi_3 = s - 1 - \left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right)(z - 1) \\ &+ \frac{1}{\sqrt{2}}(z + i) = s - z + \varepsilon, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= \alpha_1 x_1 + \frac{\xi_2}{\alpha_2} + \frac{\xi_3}{\alpha_3} = s - 1 - \left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right)(z - 1) \\ &- \frac{1}{\sqrt{2}}(z + i) = s - z - \varepsilon, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma'_1 &= \alpha'_1 x_1 + \frac{\xi_2}{\alpha'_2} + \frac{\xi_3}{\alpha'_3} = s - 1 - \frac{i}{\sqrt{2}}(z - 1) \\ &- i\left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right)(z + i) = s - iz - \varepsilon', \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma''_1 &= \alpha''_1 x_1 + \frac{\xi_2}{\alpha''_2} + \frac{\xi_3}{\alpha''_3} = s - 1 + \frac{i}{\sqrt{2}}(z - 1) \\ &- i\left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right)(z + i) = s - iz + \varepsilon', \end{aligned}$$

$$\gamma_2^{\circ} = \xi_4 + x_2 + \xi_5 = -(s - z + \varepsilon')$$

$$\gamma_2 = \frac{\xi_4}{\alpha_1} + \alpha_2 x_2 + \frac{\xi_5}{\alpha_3} = -(s - z - \varepsilon')$$

$$\gamma'_2 = \frac{\xi_4}{\alpha'_1} + \alpha'_2 x_2 + \frac{\xi_5}{\alpha'_3} = -(s + iz + \varepsilon)$$

$$\gamma''_2 = \frac{\xi_4}{\alpha''_1} + \alpha''_2 x_2 + \frac{\xi_5}{\alpha''_3} = -(s + iz - \varepsilon)$$

$$\gamma_3^{\circ} = \xi_1 + \xi_2 + x_3 = -(s + z - \varepsilon')$$

$$\gamma_3 = \frac{\xi_1}{\alpha_1} + \frac{\xi_2}{\alpha_2} + \alpha_3 x_3 = -(s + z + \varepsilon')$$

$$\gamma'_3 = \frac{\xi_1}{\alpha'_1} + \frac{\xi_2}{\alpha'_2} + \alpha'_3 x_3 = -(s - iz - \varepsilon)$$

$$\gamma''_3 = \frac{\xi_1}{\alpha''_1} + \frac{\xi_2}{\alpha''_2} + \alpha''_3 x_3 = -(s - iz + \varepsilon).$$

Les six dernières fonctions ne peuvent être autre chose que trois des couples qu'on a déjà rencontrés p. 124. En effet

$$\begin{aligned} i_1 &= \frac{\xi_4}{\alpha_1(1-\alpha_2\alpha_3)} + \frac{\xi_2}{\alpha_2(1-\alpha_3\alpha_1)} + \frac{\xi_5}{\alpha_3(1-\alpha_1\alpha_2)} = \\ &= -\frac{1}{2}\left(1-\sqrt{\frac{1}{2}}\right)(s-i), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_2 &= \frac{x_4}{1-\alpha_2\alpha_3} + \frac{x_2}{1-\alpha_3\alpha_1} + \frac{x_3}{1-\alpha_1\alpha_2} = \\ &= \frac{1}{2}\left(1-\sqrt{\frac{1}{2}}\right)(s+i); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_3 &= \frac{\xi_1}{\alpha'_1(1-\alpha'_2\alpha'_3)} + \frac{\xi_2}{\alpha'_2(1-\alpha'_3\alpha'_1)} + \frac{\xi_3}{\alpha'_3(1-\alpha'_1\alpha'_2)} = \\ &= \frac{1}{2}(\sqrt{2}-1)(s+\varepsilon'z), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_4 &= \frac{x_1}{1-\alpha'_2\alpha'_3} + \frac{x_2}{1-\alpha'_3\alpha'_1} + \frac{x_3}{1-\alpha'_1\alpha'_2} = \\ &= -\frac{1}{2}(\sqrt{2}-1)(s-\varepsilon'z); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\xi_6 &= \frac{\xi_1}{\alpha''_1(1-\alpha''_2\alpha''_3)} + \frac{\xi_2}{\alpha''_2(1-\alpha''_3\alpha''_1)} + \frac{\xi_3}{\alpha''_3(1-\alpha''_1\alpha''_2)} \\ &= -\frac{1}{2}(s - \varepsilon z),\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_6 &= \frac{x_1}{1-\alpha''_2\alpha''_3} + \frac{x_2}{1-\alpha''_3\alpha''_1} + \frac{x_3}{1-\alpha''_1\alpha''_2} \\ &= \frac{1}{2}(s + \varepsilon z).\end{aligned}$$

Si l'on désigne par

$$\begin{aligned}(\sqrt{x_1}) &= (\beta_1), (\sqrt{x_2}) = (\beta_2), (\sqrt{x_3}) = (\beta_3), (\sqrt{g^\circ}) = (\beta_4), \\ (\sqrt{g}) &= (\beta_5), (\sqrt{g'}) = (\beta_6), (\sqrt{g''}) = (\beta_7)\end{aligned}$$

les sept caractéristiques impaires formant un système complet en indiquant de cette façon en même temps la caractéristique la fonction à laquelle elle appartient, les autres sont (W. p. et 101):

$$\begin{array}{l|l}(\sqrt{\xi_1}) = (p + \beta_2 + \beta_3) & (\sqrt{\gamma^\circ_1}) = (p + \beta_1 + \beta_4) \\ (\sqrt{\xi_2}) = (p + \beta_3 + \beta_1) & (\sqrt{\gamma_1}) = (p + \beta_1 + \beta_5) \\ (\sqrt{\xi_3}) = (p + \beta_1 + \beta_2) & (\sqrt{\gamma'_1}) = (p + \beta_1 + \beta_6) \\ & (\sqrt{\gamma''_1}) = (p + \beta_1 + \beta_7)\end{array}$$

$$\begin{array}{l|l}(\sqrt{\gamma^\circ_2}) = (p + \beta_2 + \beta_4) & (\sqrt{\gamma^\circ_3}) = (p + \beta_3 + \beta_4) \\ (\sqrt{\gamma_2}) = (p + \beta_2 + \beta_5) & (\sqrt{\gamma_3}) = (p + \beta_3 + \beta_5) \\ (\sqrt{\gamma'_2}) = (p + \beta_2 + \beta_6) & (\sqrt{\gamma'_3}) = (p + \beta_3 + \beta_6) \\ (\sqrt{\gamma''_2}) = (p + \beta_2 + \beta_7) & (\sqrt{\gamma''_3}) = (p + \beta_3 + \beta_7)\end{array}$$

$$\begin{array}{l|l}(\sqrt{\xi_4}) = (p + \beta_4 + \beta_5) & (\sqrt{x_4}) = (p + \beta_6 + \beta_7) \\ (\sqrt{\xi_5}) = (p + \beta_4 + \beta_6) & (\sqrt{x_5}) = (p + \beta_7 + \beta_5) \\ (\sqrt{\xi_6}) = (p + \beta_4 + \beta_7) & (\sqrt{x_6}) = (p + \beta_5 + \beta_6)\end{array}$$

$$(p) = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6 + \beta_7).$$

Détermination des caractéristiques.

Il s'agit seulement des sept caractéristiques $(\sqrt{x_1})$, $(\sqrt{x_2})$, $(\sqrt{x_3})$, $(\sqrt{g'})$, $(\sqrt{g})$, $(\sqrt{g''})$, $(\sqrt{g'''})$ qui forment un système complet. M. Weber, à la p. 79 de son ouvrage dit : « Lorsqu'une fonction abélienne $\sqrt{x}$ s'annule dans les mêmes points que $\mathcal{P}_{(\omega)} \left(\int_{\zeta'}^{\zeta} du_h \right)$, on appellera (ω) la caractéristique de cette fonction abélienne et on la désignera par $(\sqrt{x})$. » A ce propos, une observation importante se présente tout naturellement. De même que l'égalité de deux quotients n'entraîne pas nécessairement l'égalité des dividendes d'une part et des diviseurs d'autre part, de même l'équation

$$C \sqrt{\frac{x_1}{x_2}} = \frac{\mathcal{P}_{(\omega_1)} \left(\int_{\zeta'}^{\zeta} du_h \right)}{\mathcal{P}_{(\omega_2)} \left(\int_{\zeta'}^{\zeta} du_h \right)}$$

ne permet pas de conclure que la fonction $\sqrt{x_1}$ affecte exactement le système de facteurs indiqué par la caractéristique $(\sqrt{x_1})$. En effet, lorsque la variable ζ , soit le point (z, s) franchit les six coupures, les deux membres de cette équation prennent bien le même système de facteurs, mais il se peut que, dans le quotient, un certain nombre de facteurs (-1) se soient détruits. Ainsi donc, si l'on veut déterminer, par exemple, la caractéristique $(\sqrt{x_1})$, en observant combien de fois la fonction $\sqrt{x_1} = \sqrt{s-1}$ change de signe, lorsque ζ traverse les coupures, la combinaison de nombres, ainsi obtenue, ne donne pas directement $(\sqrt{x_1})$, mais $(\sqrt{x_1}) + (q)$, où (q) signifie une caractéristique encore inconnue, qui d'ailleurs conserve toujours la même valeur.

Il est à peine besoin de rappeler ici qu'une racine carrée change de signe toutes les fois que la variable, en parcourant une courbe fermée quelconque, contourne un des points pour lesquels la quantité sous le radical s'annule, pourvu que le zéro soit du 1^{er} ordre ou d'une manière plus générale, d'un ordre impair. Or, franchir la coupure a , revient à décrire la coupure complète b ; l'effet produit est évidemment le même.

Pour la fonction $\sqrt{x_2} = \sqrt{z+1}$ cette détermination est très simple, attendu que dans ce cas la surface de Riemann T' fournit tous les éléments nécessaires. En effet, il suffit d'observer combien de fois chacune des coupures contourne le point $z = -1$. Un coup d'œil, jeté sur les fig. 8^a.... 8^f, montre que

la coupure a_1 fait 2 contours, la coupure b_1 fait 0 contour

» a_2 » 1 contour, » b_2 » 0 »

» a_3 » 0 » » b_3 » 1 »

En réduisant encore ces nombres à 0 et 1 (mod. 2), on a ainsi

$$(\sqrt{x_2}) + (q) = \begin{pmatrix} 001 \\ 010 \end{pmatrix}.$$

D'une manière analogue le point $z = i$ donne

$$(\sqrt{x_5}) + (q) = \begin{pmatrix} 111 \\ 011 \end{pmatrix}.$$

Pour faciliter le contrôle ultérieur on peut ajouter

$$(\sqrt{\xi_2}) + (q) = \begin{pmatrix} 010 \\ 001 \end{pmatrix}, \quad \text{fonction } \sqrt{z-1}, \quad \text{point } z = 1.$$

$$(\sqrt{\xi_3}) + (q) = \begin{pmatrix} 100 \\ 000 \end{pmatrix}, \quad \text{» } \sqrt{z+i}, \quad \text{» } z = -i,$$

Afin d'obtenir la caractéristique de $\sqrt{x_1} = \sqrt{s-1}$, il est utile de représenter les six coupures au moyen de la fonction $s = \sqrt[4]{1-z}$. D'après ce qui précède, cette représentation n'offre aucune difficulté. Cependant, il n'est peut-être pas superflu de rappeler qu'pour la fonction s , le point $z = 0$ est un point singulier (*Wendungspunkt*), en ce sens qu'à un circuit de z autour de ce point correspondent quatre circuits de s autour du point $s = 1$. En d'autres termes, dans le voisinage de ce point, les angles de l'image sont 4 fois aussi grands que les angles correspondants de l'original. On le reconnaît aisément à l'aide du développement

$$s - 1 = -\frac{1}{4} z^{\frac{1}{4}} \dots$$

Il va de soi qu'il faudra tenir compte des différentes nappes dans lesquelles le point z peut se mouvoir. Les fig. 9^a... 9^f, ainsi établies (les chiffres appliqués sur ces contours se rapportent aux points correspondants du plan (z)), on observera combien de fois chacune de ces courbes contourne le point $s = 1$. De cette manière, on trouve

$$(\sqrt{x_1}) + (q) = \begin{pmatrix} 010 \\ 010 \end{pmatrix}.$$

Les mêmes figures donnent encore, pour contrôle

$$(\sqrt[4]{\xi_1}) + (q) = \begin{pmatrix} 004 \\ 004 \end{pmatrix}, \quad \text{fonction } \sqrt{s+1}, \quad \text{point } s = -1,$$

$$(\sqrt[4]{\xi_2}) + (q) = \begin{pmatrix} 000 \\ 044 \end{pmatrix}, \quad \text{» } \sqrt{s-i}, \quad \text{» } s = i,$$

$$(\sqrt[4]{x_3}) + (q) = \begin{pmatrix} 044 \\ 000 \end{pmatrix}, \quad \text{» } \sqrt{s+i}, \quad \text{» } s = -i.$$

La représentation des six coupures sur un plan (u), à l'aide de la fonction $u = s + z$, conduira facilement à la caractéristique de $\sqrt[4]{g} = \sqrt{s+z-\varepsilon}$, car cette fonction ne peut évidemment s'annuler que pour $s + z = \varepsilon$.

Si l'on écrit

$$u = z + m \sqrt[4]{1-z^4},$$

on prendra les valeurs $\pm 1, \pm i$, suivant la nappe et le bord sur lequel le point z se meut. A cet égard, les fig. 2 et 3 fournissent tous les renseignements nécessaires. Pour plus de facilité on pourra se servir du petit tableau suivant :

Bord		+	—	+	—	+	—	+	—
Chemin parcouru par z		01	01	0i	0i	0—1	0—1	0—i	0—i
Facteur de s dans la nappe	I	1	i	i	—1	—1	— i	— i	1
	II	i	—1	—1	— i	— i	1	1	i
	III	—1	— i	— i	1	1	i	i	—1
	IV	— i	1	1	i	i	—1	—1	— i

Par exemple, lorsque z longe le bord négatif de l'axe Oi dans la 4^{me} nappe, la racine $\sqrt[4]{1-z^4}$ affecte le facteur i . Il est à remarquer, en outre, que pour la fonction u les points $z = \pm \sqrt[4]{\frac{1}{2}}$, $z = \pm i \sqrt[4]{\frac{1}{2}}$ sont des points singuliers tels que, dans le voisinage des points correspondants $u = \pm 2 \sqrt[4]{\frac{1}{2}}$, $u = \pm 2i \sqrt[4]{\frac{1}{2}}$, les angles de l'image sont le double de ceux de l'original, car on a les développements

$$u - 2\sqrt[4]{\frac{1}{2}} = -6 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}} \left(z - \sqrt[4]{\frac{1}{2}}\right)^2 \dots \text{si s prend le facteur}$$

$$u - 2i\sqrt[4]{\frac{1}{2}} = 6i \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}} \left(z - i\sqrt[4]{\frac{1}{2}}\right)^2 \dots \text{si s} \quad \gg \quad \gg$$

$$u + 2\sqrt[4]{\frac{1}{2}} = 6 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}} \left(z + \sqrt[4]{\frac{1}{2}}\right)^2 \dots \text{si s} \quad \gg \quad \gg -$$

$$u + 2i\sqrt[4]{\frac{1}{2}} = -6i \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}} \left(z + i\sqrt[4]{\frac{1}{2}}\right)^2 \dots \text{si s} \quad \gg \quad \gg -$$

Dans les fig. 10^a... 10^f, construites d'après ces indications, les points marqués $\pm n$, $\pm ni$ répondent aux points singuliers $\pm \sqrt[4]{\frac{1}{2}}$, $\pm i\sqrt[4]{\frac{1}{2}}$ de l'original. Maintenant on voit immédiatement que

$$(\sqrt{g^0}) + (q) = \begin{pmatrix} 010 \\ 011 \end{pmatrix}, \quad \text{fonction } \sqrt{s+z-\varepsilon}, \quad \text{point } u =$$

$$(\sqrt{g}) + (q) = \begin{pmatrix} 101 \\ 000 \end{pmatrix}, \quad \gg \quad \sqrt{s+z+\varepsilon}, \quad \gg \quad u =$$

et pour contrôle

$$(\sqrt{\gamma^0_5}) + (q) = \begin{pmatrix} 010 \\ 000 \end{pmatrix}, \quad \text{fonction } \sqrt{s+z-\varepsilon'}, \quad \text{point } u =$$

$$(\sqrt{\gamma_5}) + (q) = \begin{pmatrix} 101 \\ 011 \end{pmatrix}, \quad \gg \quad \sqrt{s+z+\varepsilon'}, \quad \gg \quad u =$$

En dernier lieu, il s'agit de trouver les caractéristiques des fonctions $\sqrt{g'} = \sqrt{s+iz+\varepsilon'}$ et $\sqrt{g''} = \sqrt{s+iz-\varepsilon'}$. La voie suivie déjà deux fois conduit encore au but, c'est-à-dire qu'on représentera les six coupures sur un plan (v) moyennant la fonction

$$v = s + iz = iz + m\sqrt[4]{1-z^4}.$$

Au sujet du facteur m , l'observation relative au cas précédent est encore applicable. La fonction v présente les mêmes singularités que la fonction u , avec les modifications qui ressortent des développements

$$2i\sqrt[4]{\frac{1}{2}} = -6i\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}}\left(z - \sqrt[4]{\frac{1}{2}}\right)^2 \dots \text{ si } s \text{ prend le facteur } i,$$

$$2\sqrt[4]{\frac{1}{2}} = -6\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}}\left(z - i\sqrt[4]{\frac{1}{2}}\right)^2 \dots \text{ si } s \quad \quad \quad -1,$$

$$+2i\sqrt[4]{\frac{1}{2}} = 6i\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}}\left(z + \sqrt[4]{\frac{1}{2}}\right)^2 \dots \text{ si } s \quad \quad \quad -i,$$

$$-2\sqrt[4]{\frac{1}{2}} = 6\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}}\left(z + i\sqrt[4]{\frac{1}{2}}\right)^2 \dots \text{ si } s \quad \quad \quad 1.$$

Enfin, les fig. 11^a ... 11^f donnent immédiatement

$$(\sqrt{g}) + (q) = \begin{pmatrix} 104 \\ 111 \end{pmatrix}, \quad \text{fonction } \sqrt{s+iz+\varepsilon'}, \quad \text{point } v = -\varepsilon',$$

$$(\sqrt{g'}) + (q) = \begin{pmatrix} 004 \\ 111 \end{pmatrix}, \quad \quad \quad \sqrt{s+iz-\varepsilon'}, \quad \quad \quad v = \varepsilon',$$

$$(\sqrt{\gamma'}) + (q) = \begin{pmatrix} 114 \\ 101 \end{pmatrix}, \quad \quad \quad \sqrt{s+iz-\varepsilon}, \quad \quad \quad v = \varepsilon,$$

$$(\sqrt{\gamma}) + (q) = \begin{pmatrix} 014 \\ 101 \end{pmatrix}, \quad \quad \quad \sqrt{s+iz+\varepsilon}, \quad \quad \quad v = -\varepsilon.$$

En résumé, on vient de trouver

$$(\sqrt{x_1}) + (q) = \begin{pmatrix} 010 \\ 010 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{x_2}) + (q) = \begin{pmatrix} 004 \\ 010 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{x_3}) + (q) = \begin{pmatrix} 114 \\ 011 \end{pmatrix},$$

$$(\sqrt{g}) + (q) = \begin{pmatrix} 010 \\ 011 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{g'}) + (q) = \begin{pmatrix} 104 \\ 000 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{g''}) + (q) = \begin{pmatrix} 104 \\ 111 \end{pmatrix},$$

$$(\sqrt{g''}) + (q) = \begin{pmatrix} 004 \\ 111 \end{pmatrix}$$

et pour contrôle

$$(\sqrt{\xi_3}) + (q) = \begin{pmatrix} 010 \\ 001 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{\xi_2}) + (q) = \begin{pmatrix} 100 \\ 000 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{\xi_1}) + (q) = \begin{pmatrix} 004 \\ 001 \end{pmatrix},$$

$$(\sqrt{\xi_4}) + (q) = \begin{pmatrix} 000 \\ 001 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{x_4}) + (q) = \begin{pmatrix} 014 \\ 000 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{\gamma_3^0}) + (q) = \begin{pmatrix} 010 \\ 000 \end{pmatrix},$$

$$(\sqrt{\gamma_3}) + (q) = \begin{pmatrix} 104 \\ 011 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{\gamma''_3}) + (q) = \begin{pmatrix} 114 \\ 101 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{\gamma'_2}) + (q) = \begin{pmatrix} 014 \\ 101 \end{pmatrix}.$$

Afin d'obtenir finalement la caractéristique $(\sqrt{x_1})$ et avec elle (q) et toutes les autres, on peut former les 6 groupes

$$(\sqrt{x_1 x_2}), \quad (\sqrt{x_1 x_3}), \quad (\sqrt{x_1 g^0}), \quad (\sqrt{x_1 g}), \quad (\sqrt{x_1 g'}), \quad (\sqrt{x_1 g''}).$$

Evidemment, ceux-ci ont une seule caractéristique commune à savoir $(\sqrt{x_i})$ qui, de ce fait, est parfaitement déterminée. Or les tables de M. W. (p. 180 et suiv.), donnent

$$(\sqrt{x_1 x_2}) = \binom{010}{010} + \binom{001}{010} = \binom{011}{000} = \frac{\binom{100}{100}}{1} + \binom{111}{100} = \binom{100}{111} + \frac{\binom{111}{111}}{2} = \frac{\binom{010}{011}}{3} + \binom{001}{011} = \binom{010}{111} + \frac{\binom{001}{111}}{4} = \frac{\binom{101}{100}}{5} + \frac{\binom{110}{100}}{5} = \binom{101}{011} + \frac{\binom{110}{011}}{6},$$

$$(\sqrt{x_1 x_3}) = \binom{010}{010} + \binom{111}{011} = \binom{101}{001} = \frac{\binom{100}{100}}{1} + \binom{001}{101} = \binom{100}{110} + \frac{\binom{001}{111}}{4} = \binom{010}{111} + \frac{\binom{111}{111}}{2} = \frac{\binom{010}{011}}{3} + \binom{111}{010} = \binom{011}{010} + \frac{\binom{110}{011}}{6} = \binom{011}{101} + \frac{\binom{100}{100}}{5},$$

$$(\sqrt{x_1 g^0}) = \binom{010}{010} + \binom{010}{011} = \binom{000}{001} = \frac{\binom{100}{100}}{1} + \binom{100}{101} = \binom{100}{110} + \binom{100}{111} = \binom{010}{010} + \frac{\binom{010}{011}}{3} = \binom{010}{110} + \frac{\binom{010}{111}}{5} = \binom{110}{010} + \frac{\binom{110}{011}}{6},$$

$$(\sqrt{x_1 g}) = \binom{010}{010} + \binom{101}{000} = \binom{111}{010} = \frac{\binom{100}{100}}{1} + \binom{011}{110} = \binom{100}{111} + \binom{011}{101} = \binom{010}{110} + \frac{\binom{101}{100}}{3} = \binom{010}{011} + \binom{101}{001} = \binom{001}{001} + \frac{\binom{110}{100}}{6} = \frac{\binom{001}{111}}{4} + \binom{110}{101},$$

$$(\sqrt{x_1 g'}) = \binom{010}{010} + \binom{101}{111} = \binom{111}{101} = \frac{\binom{100}{100}}{1} + \binom{011}{001} = \binom{100}{111} + \binom{011}{010} = \binom{010}{110} + \frac{\binom{101}{010}}{3} = \binom{010}{011} + \binom{101}{110} = \binom{001}{001} + \frac{\binom{110}{100}}{5} = \frac{\binom{001}{111}}{4} + \binom{110}{010},$$

$$(\sqrt{x_1 g''}) = \binom{010}{010} + \binom{001}{111} = \binom{011}{101} = \frac{\binom{100}{100}}{1} + \binom{111}{001} = \binom{100}{111} + \binom{111}{010} = \binom{010}{010} + \frac{\binom{001}{010}}{4} = \binom{010}{110} + \binom{001}{011} = \binom{101}{001} + \frac{\binom{110}{100}}{5} = \binom{101}{110} + \frac{\binom{110}{011}}{6},$$

Il s'ensuit $(\sqrt{x_1}) = \binom{100}{100}$

et par conséquent $(q) = \binom{110}{110}$, $(p) = \sum_{i=1}^7 (\beta_i) = \binom{001}{110}$.

On a ainsi

$$(\sqrt{x_1}) = \binom{100}{100}, \quad (\sqrt{x_2}) = \binom{111}{100}, \quad (\sqrt{x_3}) = \binom{001}{101}, \quad (\sqrt{g^0}) = \binom{100}{101} \\ (\sqrt{g}) = \binom{011}{110}, \quad (\sqrt{g'}) = \binom{011}{001}, \quad (\sqrt{g''}) = \binom{111}{001}$$

et pour contrôle

$$(\sqrt{\xi_1}) = \begin{pmatrix} 100 \\ 111 \end{pmatrix}, (\sqrt{\xi_2}) = \begin{pmatrix} 010 \\ 110 \end{pmatrix}, (\sqrt{\xi_3}) = \begin{pmatrix} 111 \\ 111 \end{pmatrix}, (\sqrt{\xi_4}) = \begin{pmatrix} 110 \\ 101 \end{pmatrix}, (\sqrt{x_4}) = \begin{pmatrix} 101 \\ 110 \end{pmatrix},$$

$$(\sqrt{\gamma_3}) = \begin{pmatrix} 100 \\ 110 \end{pmatrix}, (\sqrt{\gamma_5}) = \begin{pmatrix} 011 \\ 101 \end{pmatrix}, (\sqrt{\gamma''_2}) = \begin{pmatrix} 001 \\ 011 \end{pmatrix}, (\sqrt{\gamma'_2}) = \begin{pmatrix} 101 \\ 011 \end{pmatrix}.$$

On est maintenant en état de dresser le tableau suivant, contenant les 28 fonctions abéliennes avec leurs caractéristiques et leurs zéros (voir p. 142 et 143 ci-après).

Transformation des intégrales w_1, w_2, w_3 .

Avant de continuer cette étude, il est bon de soumettre les intégrales de première espèce à un examen un peu plus attentif.

$$w_1 = \int \frac{dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}}$$

On peut d'abord transformer l'intégrale proposée au moyen de la fonction

$$\zeta = e^{\frac{1}{4}\pi i} \frac{z}{s}.$$

Il vient successivement

$$z = e^{-\frac{1}{4}\pi i} \frac{\zeta}{\sqrt[4]{1-\zeta^4}}, \quad s = \frac{1}{\sqrt[4]{1-\zeta^4}}, \quad dz = e^{-\frac{1}{4}\pi i} \frac{d\zeta}{(1-\zeta^4)^{\frac{5}{4}}},$$

$$w_1 = e^{-\frac{1}{4}\pi i} \int \frac{d\zeta}{\sqrt[4]{1-\zeta^4}}.$$

La substitution

$$\zeta = e^{\frac{1}{4}\pi i} \eta$$

donne ensuite

$$w_1 = \int \frac{d\eta}{\sqrt[4]{1+\eta^4}}.$$

Pour ramener cette intégrale elliptique à la forme normale de Legendre, on posera en premier lieu

N ^o	Notat.	Expression.	Caract.	z_1	S_1	Nappe.	z_2	S_2	Nappe.
1	$\sqrt{x_1}$	$\sqrt{s-1}$	$\begin{smallmatrix} 400 \\ 400 \end{smallmatrix}$	0	1	I	0	1	I
2	$\sqrt{x_2}$	$\sqrt{z+1}$	$\begin{smallmatrix} 444 \\ 400 \end{smallmatrix}$	-1	0	$\begin{smallmatrix} I & II \\ III & IV \end{smallmatrix}$	-1	0	$\begin{smallmatrix} I & II \\ III & IV \end{smallmatrix}$
3	$\sqrt{x_3}$	$\sqrt{z-i}$	$\begin{smallmatrix} 004 \\ 401 \end{smallmatrix}$	i	0	$\begin{smallmatrix} I & II \\ III & IV \end{smallmatrix}$	i	0	$\begin{smallmatrix} I & II \\ III & IV \end{smallmatrix}$
4	$\sqrt{g^0}$	$\sqrt{s+z-\varepsilon}$	$\begin{smallmatrix} 400 \\ 401 \end{smallmatrix}$	$-e^{-\frac{5}{12}\pi i}$	$e^{\frac{11}{12}\pi i}$	III	$-e^{\frac{11}{12}\pi i}$	$-e^{-\frac{5}{12}\pi i}$	II
5	$\sqrt{g}$	$\sqrt{s+z+\varepsilon}$	$\begin{smallmatrix} 044 \\ 410 \end{smallmatrix}$	$-e^{-\frac{5}{12}\pi i}$	$e^{\frac{11}{12}\pi i}$	III	$e^{\frac{11}{12}\pi i}$	$e^{-\frac{5}{12}\pi i}$	II
6	$\sqrt{g'}$	$\sqrt{s+iz+\varepsilon'}$	$\begin{smallmatrix} 044 \\ 004 \end{smallmatrix}$	$-e^{-\frac{5}{12}\pi i}$	$e^{\frac{5}{12}\pi i}$	IV	$-e^{\frac{11}{12}\pi i}$	$e^{-\frac{11}{12}\pi i}$	III
7	$\sqrt{g''}$	$\sqrt{s+iz-\varepsilon'}$	$\begin{smallmatrix} 444 \\ 004 \end{smallmatrix}$	$-e^{-\frac{5}{12}\pi i}$	$e^{\frac{5}{12}\pi i}$	IV	$e^{\frac{11}{12}\pi i}$	$-e^{-\frac{11}{12}\pi i}$	III
8	$\sqrt{\xi_1}$	$\sqrt{s+1}$	$\begin{smallmatrix} 444 \\ 444 \end{smallmatrix}$	0	-1	III	0	-1	III
9	$\sqrt{\xi_2}$	$\sqrt{z-1}$	$\begin{smallmatrix} 400 \\ 444 \end{smallmatrix}$	1	0	$\begin{smallmatrix} I & II \\ III & IV \end{smallmatrix}$	1	0	$\begin{smallmatrix} I & II \\ III & IV \end{smallmatrix}$
10	$\sqrt{\xi_3}$	$\sqrt{z+i}$	$\begin{smallmatrix} 040 \\ 440 \end{smallmatrix}$	- i	0	$\begin{smallmatrix} I & II \\ III & IV \end{smallmatrix}$	- i	0	$\begin{smallmatrix} I & II \\ III & IV \end{smallmatrix}$
11	$\sqrt{\gamma_1}$	$\sqrt{s-z+\varepsilon}$	$\begin{smallmatrix} 004 \\ 444 \end{smallmatrix}$	$-e^{-\frac{5}{12}\pi i}$	$e^{\frac{11}{12}\pi i}$	I	$-e^{\frac{11}{12}\pi i}$	$e^{-\frac{5}{12}\pi i}$	IV
			...	$-e^{-\frac{5}{12}\pi i}$	$e^{\frac{11}{12}\pi i}$		$\frac{11}{12}\pi i$	$-\frac{5}{12}\pi i$	

17	$\sqrt{\gamma'_2}$	$\sqrt{s+i\varepsilon+\varepsilon}$	101 011	$e^{\frac{5}{12}\pi i}$	$e^{-\frac{5}{12}\pi i}$	III	$e^{-\frac{11}{12}\pi i}$	$e^{-\frac{5}{12}\pi i}$	I
18	$\sqrt{\gamma''_2}$	$\sqrt{s+i\varepsilon-\varepsilon}$	004 011	$-e^{\frac{5}{12}\pi i}$	$-e^{-\frac{5}{12}\pi i}$	III	$-e^{-\frac{11}{12}\pi i}$	$e^{\frac{11}{12}\pi i}$	IV
19	$\sqrt{\gamma'_3}$	$\sqrt{s+\varepsilon'-\varepsilon'}$	400 410	$-e^{\frac{5}{12}\pi i}$	$-e^{-\frac{11}{12}\pi i}$	II	$-e^{-\frac{11}{12}\pi i}$	$-e^{\frac{5}{12}\pi i}$	III
20	$\sqrt{\gamma_3}$	$\sqrt{s+\varepsilon+\varepsilon'}$	044 401	$e^{\frac{5}{12}\pi i}$	$e^{-\frac{11}{12}\pi i}$	II	$e^{-\frac{11}{12}\pi i}$	$e^{\frac{5}{12}\pi i}$	III
21	$\sqrt{\gamma'_3}$	$\sqrt{s-i\varepsilon-\varepsilon}$	044 010	$e^{\frac{5}{12}\pi i}$	$-e^{-\frac{5}{12}\pi i}$	I	$e^{-\frac{11}{12}\pi i}$	$-e^{\frac{11}{12}\pi i}$	II
22	$\sqrt{\gamma''_3}$	$\sqrt{s-i\varepsilon+\varepsilon}$	411 040	$-e^{\frac{5}{12}\pi i}$	$-e^{-\frac{5}{12}\pi i}$	I	$-e^{-\frac{11}{12}\pi i}$	$e^{\frac{11}{12}\pi i}$	II
23	$\sqrt{\xi_4}$	$\sqrt{s-i}$	410 401	0	i	II	0	i	II
24	$\sqrt{\xi_{5g}}$	$\sqrt{s+\varepsilon'\varepsilon}$	410 010	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = -\varepsilon'$	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = -\varepsilon'$	II	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = -\varepsilon'$	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = -\varepsilon'$	II
25	$\sqrt{\xi_{50}}$	$\sqrt{s-\varepsilon\varepsilon}$	040 010	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = \varepsilon$	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = \varepsilon$	I	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = \varepsilon$	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = \varepsilon$	I
26	$\sqrt{x_4}$	$\sqrt{s+i}$	401 410	0	$-i$	IV	0	$-i$	IV
27	$\sqrt{x_5}$	$\sqrt{s-\varepsilon'\varepsilon}$	401 004	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = \varepsilon'$	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = \varepsilon'$	IV	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = \varepsilon'$	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = \varepsilon'$	IV
28	$\sqrt{x_6}$	$\sqrt{s+\varepsilon\varepsilon}$	001 001	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = -\varepsilon$	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = -\varepsilon$	III	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = -\varepsilon$	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = -\varepsilon$	III

$$\eta = \frac{y-1}{y+1}, \quad d\eta = \frac{2dy}{(y+1)^2},$$

d'où il suit

$$w_1 = \sqrt{2} \int \frac{dy}{\sqrt{y^4 + 6y^2 + 1}} = \sqrt{2} \int \frac{dy}{\sqrt{[y^2 + (\sqrt{2}+1)^2][y^2 + (\sqrt{2}-1)^2]}}$$

puis

$$y = (\sqrt{2}+1) \cotg \varphi, \quad dy = -(\sqrt{2}+1) \frac{d\varphi}{\sin^2 \varphi},$$

ce qui conduit à la forme

$$\begin{aligned} w_1 &= -\sqrt{2} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{(\sqrt{2}+1)^2 \cos^2 \varphi + (\sqrt{2}-1)^2 \sin^2 \varphi}} = \\ &= -\sqrt{2} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{(\sqrt{2}+1)^2 - 4\sqrt{2} \sin^2 \varphi}} = \\ &= -\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}+1} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \left(\frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{2}+1}\right)^2 \sin^2 \varphi}}. \end{aligned}$$

Afin de transformer cette dernière intégrale en une autre le module est plus petit, on peut employer la substitut Landen, soit la formule

$$\int_0^\varphi \frac{d\varphi}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \varphi}} = F(k, \varphi) = \frac{1+k_1}{2} F(k_1, \varphi_1),$$

dans laquelle les amplitudes φ et φ_1 sont reliées par l'éq

$$\tg(\varphi_1 - \varphi) = k' \tg \varphi, \quad \text{où } k' = \sqrt{1-k^2}$$

et le nouveau module

$$k_1 = \frac{1-k'}{1+k'}.$$

Appliquées au cas actuel, où

$$k = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{2}+1}, \quad k' = \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}+1}$$

ces formules donnent

$$k_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ et } w_1 = -\frac{1}{2} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi_1}}.$$

Pour faciliter la détermination des limites, voici encore une fois la série des substitutions employées :

$$\zeta = e^{\frac{1}{2}\pi i} \frac{z}{s} = e^{\frac{1}{2}\pi i} \frac{z}{\sqrt{1-z^4}}, \quad \eta = e^{-\frac{1}{2}\pi i} \zeta, \quad y = \frac{1+\eta}{1-\eta},$$

$$\cotg \varphi = \frac{y}{\sqrt{2}+1}, \quad \tg(\varphi_1 - \varphi) = (\sqrt{2}-1)^2 \tg \varphi.$$

Ceci posé, on trouve, par exemple, en désignant par ∞ le point à l'infini de l'axe des X positifs et, d'une manière analogue, par ε, ∞ le point à l'infini de la droite $y=x$ du côté des X positifs :

$$\begin{aligned} K_1 &= \int_0^1 \frac{dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}} = \varepsilon' \int_0^{\varepsilon, \infty} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}} = \int_0^{\infty} \frac{d\eta}{\sqrt{1+\eta^4}} = \\ &= \int_0^1 \frac{d\eta}{\sqrt{1+\eta^4}} + \int_1^{\infty} \frac{d\eta}{\sqrt{1+\eta^4}}. \end{aligned}$$

Si, dans la dernière intégrale, on remplace η par $\frac{1}{\eta}$, on remarque que

$$\int_1^{\infty} \frac{d\eta}{\sqrt{1+\eta^4}} = \int_0^1 \frac{d\eta}{\sqrt{1+\eta^4}},$$

par conséquent

$$K_1 = 2 \int_0^1 \frac{d\eta}{\sqrt{1+\eta^4}}.$$

Aux limites 0 et 1 de η correspondent les limites 1 et ∞ de y , $\text{arctg}(\sqrt{2}+1)$ et 0 de φ . Reste encore à déterminer celles de φ_1 . A l'aide de l'équation

$$\tg(\varphi_1 - \varphi) = (\sqrt{2}-1)^2 \tg \varphi,$$

dont on tire

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{1 + (\sqrt{2} + 1)^2}{1 - (\sqrt{2} - 1)^2 \operatorname{tg}^2 \varphi} \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

il vient $\varphi_1 = \frac{1}{2}\pi$ pour $\operatorname{tg} \varphi = (\sqrt{2} + 1)$ et $\varphi_1 = 0$ pour $\varphi = 0$,
sorte que

$$K_1 = 2 \left(-\frac{1}{2} \right) \int_{\frac{1}{2}\pi}^0 \frac{d\varphi_1}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi_1}} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi_1}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi_1}}$$

$$w_1 = \int \frac{z dz}{\sqrt[4]{(1 - z^4)^3}}.$$

En introduisant s comme variable d'intégration, on a immédiatement

$$z = \sqrt{1 - s^4}, dz = -\frac{s^3 ds}{(1 - s^4)^{\frac{3}{4}}}, \text{ et } w_1 = -\int \frac{ds}{\sqrt{1 - s^4}}.$$

Puis la substitution

$$s = \cos \varphi, ds = -\sin \varphi d\varphi$$

donne

$$w_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}}.$$

Il s'ensuit, par exemple,

$$K_1 = \int_0^1 \frac{z dz}{\sqrt[4]{(1 - z^4)^3}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}} = \frac{1}{\sqrt{2}} K_1.$$

$$w_1 = \int \frac{dz}{\sqrt[4]{1 - z^4}}.$$

Il suffit de poser

$$z = \cos \varphi, dz = -\sin \varphi d\varphi$$

pour ramener cette intégrale elliptique à la forme normale

$$w_3 = -\frac{1}{\sqrt{2}} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}}.$$

On en tire

$$K_3 = \int_0^1 \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}} = \frac{1}{\sqrt{2}} K_1.$$

Ainsi, on vient de trouver

$$K_2 = K_3 = \frac{1}{\sqrt{2}} K_1.$$

Valeur numérique de K_1 .

En vue d'une représentation qui sera faite ultérieurement, il est utile de connaître la valeur numérique de K_1 . Pour la déterminer, on peut se servir de la méthode de Gauss.

Si l'on pose, pour abréger,

$$f(a, b, \varphi) = \int_0^\varphi \frac{d\varphi}{\sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}}$$

et que l'on soumette cette fonction n fois de suite à la transformation de Landen, il vient

$$\begin{aligned} f(a, b, \varphi) &= \frac{1}{2} f(a_1, b_1, \varphi_1) = \frac{1}{2^2} f(a_2, b_2, \varphi_2) = \dots \\ &= \frac{1}{2^n} f(a_n, b_n, \varphi_n), \text{ où} \end{aligned}$$

$$a_1 = \frac{1}{2}(a+b), \quad b_1 = \sqrt{ab}, \quad \operatorname{tg}(\varphi_1 - \varphi) = \frac{b}{a} \operatorname{tg} \varphi,$$

$$a_2 = \frac{1}{2}(a_1 + b_1), \quad b_2 = \sqrt{a_1 b_1}, \quad \operatorname{tg}(\varphi_2 - \varphi_1) = \frac{b_1}{a_1} \operatorname{tg} \varphi_1,$$

$$a_3 = \frac{1}{2}(a_2 + b_2), \quad b_3 = \sqrt{a_2 b_2}, \quad \operatorname{tg}(\varphi_3 - \varphi_2) = \frac{b_2}{a_2} \operatorname{tg} \varphi_2,$$

$$\dots \dots \dots$$

Le calcul doit être poussé jusqu'à ce que $\lim \frac{b_n}{a_n} = 1$. Alors, si l'on écrit encore $\lim \left(\frac{\varphi_n}{2^n} \right) = \Phi$ et $\lim a_n = \lim b_n = A$, on a $f(a, b, \varphi) = \frac{\Phi}{A}$. Lorsque $\varphi = \frac{1}{2}\pi$, Φ est évidemment aussi $= \frac{1}{2}\pi$ et par conséquent

$$f\left(a, b, \frac{1}{2}\pi\right) = \frac{\frac{1}{2}\pi}{A}.$$

Or, dans le cas actuel,

$$K_1 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2}\sin^2\varphi}} = \sqrt{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{2\cos^2\varphi + \sin^2\varphi}},$$

où

$$a = \sqrt{2} = 1,41421356, \quad b = 1,$$

on trouve successivement

$$a_1 = 1,20710678, \quad b_1 = 1,18920722,$$

$$a_2 = 1,19815695, \quad b_2 = 1,19812352,$$

$$a_3 = 1,19814023, \quad b_3 = 1,19814023.$$

Il s'ensuit

$$A = 1,19814023, \quad K_1 = \frac{1}{2}\pi \cdot \sqrt{2} \cdot 0,83462684 = 1,85407468.$$

Il est intéressant de constater que les sommes

$$W_h = \int_0^\alpha dw_h + \int_0^\beta dw_h,$$

où α et β signifient les zéros d'une fonction abélienne quelconque, s'expriment d'une manière très simple au moyen des

antités K_1, K_2, K_3 . A cet effet, et afin de faciliter le contrôle des calculs par la vue, on opérera la représentation du cercle en unités à l'aide des intégrales w_1, w_2, w_3 . Pour mieux distinguer les différentes nappes, on tracera chaque dessin quatre fois. Dans les fig. 12^a ... 12^m, pl. X, les chiffres $\pm 1, \pm i$ se rapportent aux points correspondants de la surface (s). Le cercle des unités entre successivement dans chacune des quatre nappes. Si l'on exigeait que le point z restât constamment dans la même nappe, il faudrait faire intervenir les modules de périodicité des intégrales w_h ; mais il n'y a aucune utilité de procéder de cette façon.

Zéros de $\sqrt{g^0}$.

Soit à déterminer

$$W_1 = \int_0^{\frac{7}{12}\pi i} dw_1 + \int_0^{-\frac{1}{12}\pi i} dw_1.$$

III
II

En soumettant l'intégrale w_1 à la transformation $\zeta = \varepsilon \frac{z}{s}$, on obtient l'intégrale indéfinie $\varepsilon' \int \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}}$ (comp. p. 141). Dans le calcul des limites de ζ , on se servira des valeurs de s qui correspondent à $z = e^{\frac{7}{12}\pi i}$ dans la 3^{me} nappe et à $z = e^{-\frac{1}{12}\pi i}$ dans la 2^{me} nappe.

On trouve

$$z = e^{\frac{7}{12}\pi i}, s = e^{-\frac{1}{12}\pi i}, \zeta = e^{\frac{4}{3}\pi i + \frac{7}{12}\pi i + \frac{1}{12}\pi i} = e^{\frac{11}{3}\pi i} \quad (\text{Voir les fig. 2 et 3.})$$

$$z = e^{-\frac{1}{12}\pi i}, s = e^{\frac{7}{12}\pi i}, \zeta = e^{\frac{1}{3}\pi i - \frac{1}{12}\pi i - \frac{7}{12}\pi i} = e^{-\frac{5}{3}\pi i}.$$

Si l'on admet, en outre, que $\sqrt{1-\zeta^4} = +1$ pour $\zeta = 0$, le signe de $\sqrt{1-\zeta^4}$ dépend de la relation

$$s^2 = \frac{1}{\sqrt{1-\zeta^4}}.$$

Or, lorsque z se meut de 0 à $e^{-\frac{1}{12}\pi i}$ dans la 2^{me} nappe, s va de i à $e^{\frac{7}{12}\pi i}$, s^2 de -1 à $e^{\frac{7}{6}\pi i}$. Sur ce parcours, la partie réelle

de s^2 est négative; il s'ensuit que, dans la 2^{me} des intégrales proposées, $\sqrt{1-\zeta^4}$ affecte le signe $(-)$. Ainsi, il vient

$$\begin{aligned} W_1 &= \varepsilon' \left[\int_0^{e^{\frac{11}{12}\pi i}} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}} - \int_0^{e^{-\frac{5}{12}\pi i}} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}} \right] = \\ &= \varepsilon' \left[\int_0^{e^{\frac{11}{12}\pi i}} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}} + \int_0^{e^{\frac{7}{12}\pi i}} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}} \right]. \end{aligned}$$

Grâce au théorème de l'addition des intégrales elliptiques de première espèce, à savoir

$$\begin{aligned} \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}} + \int_0^y \frac{dy}{\sqrt{(1-y^2)(1-k^2y^2)}} = \\ = \int_0^c \frac{dz}{\sqrt{(1-z^2)(1-k^2z^2)}}, \end{aligned}$$

où

$$c = \frac{x\sqrt{(1-y^2)(1-k^2y^2)} + y\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}}{1-k^2x^2y^2}$$

on peut réduire cette somme à une seule intégrale. Dans le cas actuel

$$\begin{aligned} k^2 &= -1, \quad x = e^{\frac{11}{12}\pi i}, \quad y = e^{\frac{7}{12}\pi i}, \\ c &= \frac{e^{\frac{11}{12}\pi i} \sqrt{1-e^{\frac{7}{3}\pi i}} + e^{\frac{7}{12}\pi i} \sqrt{1-e^{\frac{11}{3}\pi i}}}{1 + e^{\frac{11}{6}\pi i} e^{\frac{7}{6}\pi i}} = \\ &= \frac{e^{\frac{11}{12}\pi i} e^{-\frac{1}{6}\pi i} + e^{\frac{7}{12}\pi i} e^{\frac{1}{6}\pi i}}{1-1} = \frac{e^{\frac{3}{4}\pi i} + e^{\frac{3}{4}\pi i}}{0} = 2 \frac{e^{\frac{3}{4}\pi i}}{0}, \end{aligned}$$

en sorte que

$$W_1 = \varepsilon' \int_0^{-e^{\frac{3}{4}\pi i}} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}}.$$

ubstituant encore $\zeta = -\varepsilon' t$, il vient finalement

$$W_1 = \varepsilon'(-\varepsilon') \int_0^\infty \frac{dt}{\sqrt{1+t^4}} = i \int_0^\infty \frac{dt}{\sqrt{1+t^4}} = iK_1.$$

Observation. Dans le calcul de c , on choisira celle des deux valeurs de $\sqrt{1-e^x}$ dont la partie réelle est positive.

Soit à déterminer

$$W_2 = \int_{III}^0 e^{\frac{7}{12}\pi i} dw_2 + \int_{II}^0 e^{-\frac{4}{21}\pi i} dw_2.$$

Si l'on introduit s comme variable, on obtient l'intégrale indéfinie

$$w_2 = -\int \frac{ds}{\sqrt{1-s^4}}. \quad (\text{Comp. p. 146.})$$

Les limites de s se trouvent comme dans le cas précédent et la relation

$$z^2 = \sqrt{1-s^4}$$

montre que, lorsque s se meut de 0 à $e^{\frac{7}{12}\pi i}$, z^2 de 0 à $e^{\frac{7}{6}\pi i}$, $\sqrt{1-s^4}$ prend le signe $(-)$.

Il s'ensuit

$$\begin{aligned} W_2 &= \int_1^0 \frac{e^{-\frac{4}{12}\pi i} ds}{\sqrt{1-s^4}} - \int_i^0 \frac{e^{\frac{7}{12}\pi i} ds}{\sqrt{1-s^4}} = \int_1^0 \frac{e^{-\frac{4}{12}\pi i} ds}{\sqrt{1-s^4}} + \int_{-i}^0 \frac{e^{-\frac{5}{12}\pi i} ds}{\sqrt{1-s^4}} = \\ &= \int_0^1 + \int_1^0 e^{-\frac{4}{12}\pi i} + \int_0^{-i} + \int_{-i}^0 e^{-\frac{5}{12}\pi i} - \int_0^1 - \int_0^{-i} = \\ &= \int_0^0 e^{-\frac{4}{12}\pi i} + \int_0^0 e^{-\frac{5}{12}\pi i} = K_2 + iK_2. \end{aligned}$$

L'application du théorème de l'addition aux deux premières intégrales donne

$$\int_0^0 e^{-\frac{4}{12}\pi i} + \int_0^0 e^{-\frac{5}{12}\pi i} = \varepsilon' K_1,$$

ensorte que

$$W_2 = -K_2 + iK_2 + \varepsilon' K_1 = -(1-i)\frac{K_1}{\sqrt{2}} + \frac{1-i}{\sqrt{2}}K_1 = 0.$$

Enfin, quant à la somme

$$W_3 = \int_0^{e^{\frac{7}{12}\pi i}} dw_3 + \int_0^{e^{-\frac{4}{12}\pi i}} dw_3,$$

on remarque d'abord que dans la 2^e nappe, le long de l'intervalle rectiligne de 0 à $e^{-\frac{4}{12}\pi i}$, le radical $\sqrt{1-z^4}$ affecte le signe (—). Par conséquent

$$W_3 = \int_0^{e^{\frac{7}{12}\pi i}} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} - \int_0^{e^{-\frac{4}{12}\pi i}} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} = \int_0^{e^{\frac{7}{12}\pi i}} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} + \int_0^{e^{\frac{4}{12}\pi i}} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}}.$$

Ensuite le théorème de l'addition fournit

$$\begin{aligned} W_3 &= \int_0^{-\varepsilon' \infty} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} = -\varepsilon' \int_0^\infty \frac{dt}{\sqrt{1+t^4}} = \\ &= -\varepsilon' K_1 = -\frac{1-i}{\sqrt{2}} \sqrt{2} K_3 = -(1-i)K_3. \end{aligned}$$

Les valeurs de W_1, W_2, W_3 relatives aux zéros de $\sqrt{g^\circ}$ une fois établies par le calcul direct qui vient d'être fait, les fig. 12^a... 1 permettent de reconnaître immédiatement l'exactitude des résultats suivants :

$$\begin{aligned} W_1 &= iK_1 \text{ pour les zéros de } \sqrt{g^\circ}, \sqrt{g'}, \sqrt{\gamma^\circ_2}, \sqrt{\gamma_2} \\ &= -K_1 \quad \gg \quad \gg \quad \gg \quad \sqrt{g'}, \sqrt{g''}, \sqrt{\gamma'_3}, \sqrt{\gamma''_3} \\ &= -iK_1 \quad \gg \quad \gg \quad \gg \quad \sqrt{\gamma_1^\circ}, \sqrt{\gamma_4}, \sqrt{\gamma^\circ_3}, \sqrt{\gamma_3} \\ &= K_1 \quad \gg \quad \gg \quad \gg \quad \sqrt{\gamma'_1}, \sqrt{\gamma''_1}, \sqrt{\gamma'_2}, \sqrt{\gamma''_2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_3 &= -(1-i)K_3 \text{ pour les zéros de } \sqrt{g^\circ}, \sqrt{g''}, \sqrt{\gamma^\circ_1}, \sqrt{\gamma'_1} \\ &= (1-i)K_3 \quad \gg \quad \gg \quad \gg \quad \sqrt{g}, \sqrt{g'}, \sqrt{\gamma_4}, \sqrt{\gamma'_1} \\ &= -(1+i)K_3 \quad \gg \quad \gg \quad \gg \quad \sqrt{\gamma^\circ_2}, \sqrt{\gamma'_2}, \sqrt{\gamma^\circ_3}, \sqrt{\gamma'_3} \\ &= (1+i)K_3 \quad \gg \quad \gg \quad \gg \quad \sqrt{\gamma_2}, \sqrt{\gamma''_2}, \sqrt{\gamma_3}, \sqrt{\gamma'_3} \end{aligned}$$

et $W_2 = 0$ pour les zéros de toutes ces 16 fonctions abélien

Seules les intégrales relatives aux zéros des fonctions $\sqrt[4]{\xi_3}, \sqrt[4]{\xi_6}, \sqrt[4]{x_3}, \sqrt[4]{x_6}$ ne peuvent être traitées de cette manière sommaire. Elles ne présentent d'ailleurs aucune difficulté nouvelle.

Zéros de $\sqrt[4]{\xi_3}$.

Soit à déterminer

$$a) \quad \frac{1}{2} W_1 = \int_0^{-i\infty} \frac{dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}}.$$

(On se souvient que les zéros de chacune des fonctions $\sqrt[4]{\xi_3}, \sqrt[4]{\xi_6}, \sqrt[4]{x_3}, \sqrt[4]{x_6}$ se confondent). Réduisant d'abord à la 1^{re} nappe, il vient

$$\frac{1}{2} W_1 = -i \int_0^{-i\infty} \frac{dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}} = i\varepsilon' \int_0^{\infty} \frac{dz}{\sqrt[4]{(1+z^4)^3}};$$

posant ensuite

$$z = \frac{\zeta}{\sqrt[4]{1-\zeta^4}}, \quad dz = \frac{d\zeta}{(1-\zeta^4)^{\frac{5}{4}}},$$

cette intégrale prend la forme

$$i\varepsilon' \int_0^1 \frac{d\zeta}{\sqrt[4]{1-\zeta^4}},$$

ensorte que

$$\frac{1}{2} W_1 = i\varepsilon' K_3 = \varepsilon K_3 = \frac{1+i}{2} K_1.$$

$$b) \frac{1}{2} W_2 = \int_0^{-i\infty} \frac{z dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}} = -i \int_0^{-i\infty} \frac{z dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}} = - \int_0^{\infty} \frac{z dz}{\sqrt[4]{(1+z^4)^3}}$$

Substituant

$$z = \frac{\zeta}{\sqrt[4]{1-\zeta^4}}$$

on obtient
$$\frac{1}{2}W_2 = - \int_0^1 \frac{\zeta d\zeta}{\sqrt[4]{(1-\zeta^4)^3}} = -K_2.$$

c)
$$\frac{1}{2}W_3 = \int_{II_0}^{-i\infty} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} = - \int_0^{-i\infty} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} = \varepsilon' \int_0^{\infty} \frac{dz}{\sqrt{1+z^4}} = \varepsilon' K_1 = (1-i)K_3.$$

D'une manière analogue, on trouve aisément :

Pour les zéros de $\sqrt{x_6}$:
$$\frac{1}{2}W_1 = \int_0^{\infty} \frac{dw_1}{I} = -\frac{1-i}{2}K_1,$$

$$\frac{1}{2}W_2 = \int_0^{\infty} \frac{dw_2}{I} = -K_2, \quad \frac{1}{2}W_3 = \int_0^{\infty} \frac{dw_3}{I} = -(1 +$$

Pour les zéros de $\sqrt{x_5}$:
$$\frac{1}{2}W_1 = \int_0^{\infty} \frac{dw_1}{IV} = -\frac{1+i}{2}K_1,$$

$$\frac{1}{2}W_2 = \int_0^{\infty} \frac{dw_2}{IV} = -K_2, \quad \frac{1}{2}W_3 = \int_0^{\infty} \frac{dw_3}{IV} = -(1 -$$

Pour les zéros de $\sqrt{x_6}$:
$$\frac{1}{2}W_1 = \int_0^{\infty} \frac{dw_1}{III} = \frac{1-i}{2}K_1,$$

$$\frac{1}{2}W_2 = \int_0^{\infty} \frac{dw_2}{III} = -K_2, \quad \frac{1}{2}W_3 = \int_0^{\infty} \frac{dw_3}{III} = (1+i)K_3$$

Valeur numérique de quelques intégrales normale

A l'aide des formules

$$\left\{ \begin{array}{l} u_1 = \frac{\pi(2-i)}{20} \left[-2 \frac{w_1}{K_1} + \frac{w_2}{K_2} + \frac{w_3}{K_3} \right], \\ u_2 = \frac{\pi(1-3i)}{20} \left[\frac{w_1}{K_1} - i \frac{w_2}{K_2} + \frac{1+i}{2} \frac{w_3}{K_3} \right], \\ u_3 = \frac{\pi(3+i)}{20} \left[\frac{w_1}{K_1} - (1-i) \frac{w_2}{K_2} + \frac{1+i}{2} \frac{w_3}{K_3} \right] \end{array} \right.$$

(comp. p. 115) et du tableau p. 110 on construit sans difficu

tableau suivant, ne contenant que celles des intégrales dont il sera fait usage ultérieurement :

Types.	$\int_0^1 du_1^{(+)}$	$\int_0^1 du_2^{(+)}$	$\int_0^1 du_3^{(+)}$
I	0	$-\frac{\pi i}{4}$	$\frac{\pi i}{4}$
II	$-\frac{\pi}{20}(3+i)$	$\frac{\pi}{20}(2-i)$	$-\frac{\pi}{20}(4+3i)$
III	$\frac{\pi}{10}(2-i)$	$\frac{\pi}{20}(4+3i)$	$\frac{\pi}{20}(2-i)$
IV	$\frac{\pi i}{20}(3+i)$	$-\frac{3}{20}\pi(2-i)$	$\frac{\pi}{20}(2-i)$
Types.	$\int_0^1 du_1^{(-)}$	$\int_0^1 du_2^{(-)}$	$\int_0^1 du_3^{(-)}$
I	$-\frac{\pi}{20}(3+i)$	$\frac{\pi}{20}(2-i)$	$-\frac{\pi}{20}(4+3i)$
II	$\frac{\pi}{10}(2-i)$	$\frac{\pi}{20}(4+3i)$	$\frac{\pi}{20}(2-i)$
III	$\frac{\pi i}{20}(3+i)$	$-\frac{3}{20}\pi(2-i)$	$\frac{\pi}{20}(2-i)$
IV	0	$-\frac{\pi i}{4}$	$\frac{\pi i}{4}$

Il n'est peut-être pas sans intérêt de réunir aussi dans un tableau les valeurs numériques des sommes U_h qui sont aux intégrales u_h ce qu'étaient les W_h aux intégrales w_h . Dans ce tableau, les intégrales qui se trouvent sur une ligne horizontale ont pour limites supérieures les zéros de la fonction abélienne placée en tête de cette même ligne. Par exemple dans la pre-

mière ligne U_h signifie $\int_0^{e^{\frac{7}{12}\pi i}} du_h + \int_0^{e^{-\frac{1}{12}\pi i}} du_h$, dans la deuxième

$$U_h = \int_0^{e^{-\frac{5}{12}\pi i}} du_h + \int_0^{e^{\frac{11}{12}\pi i}} du_h, \text{ etc.}$$

	U_1	U_2	U_3
$\sqrt{g^0}$	$-\frac{\pi}{20}(3+i)$	$\frac{\pi i}{10}(2-i)$	$-\frac{\pi}{40}(2)$
$\sqrt{g}$	$-\frac{\pi i}{20}(7-i)$	$\frac{\pi}{10}(2-i)$	$\frac{\pi i}{40}(2)$
$\sqrt{g'}$	$\frac{\pi}{4}(1-i)$	0	0
$\sqrt{g''}$	$\frac{\pi}{20}(3+i)$	$\frac{\pi i}{10}(3+i)$	$-\frac{\pi}{40}(3)$
$\sqrt{\gamma^0_1}$	$\frac{\pi i}{20}(7-i)$	$-\frac{\pi}{40}(2-i)$	$-\frac{\pi i}{40}(2)$
$\sqrt{\gamma_1}$	$\frac{\pi}{20}(3+i)$	$-\frac{\pi i}{10}(2-i)$	$\frac{\pi}{40}(2)$
$\sqrt{\gamma'_1}$	$-\frac{\pi}{20}(3+i)$	$-\frac{\pi i}{10}(3+i)$	$\frac{\pi}{40}(3)$
$\sqrt{\gamma''_1}$	$-\frac{\pi}{4}(1-i)$	0	0
$\sqrt{\gamma^0_2}$	$-\frac{\pi}{4}(1+i)$	0	0
$\sqrt{\gamma_2}$	$-\frac{\pi i}{20}(3+i)$	$\frac{\pi}{40}(3+i)$	$\frac{\pi i}{40}(3)$
$\sqrt{\gamma'_2}$	$-\frac{\pi}{20}(7-i)$	$-\frac{\pi i}{10}(2-i)$	$\frac{\pi}{40}(2)$
$\sqrt{\gamma''_2}$	$\frac{\pi i}{20}(3+i)$	$\frac{\pi}{10}(2-i)$	$\frac{\pi i}{40}(2)$
$\sqrt{\gamma^0_3}$	$\frac{\pi i}{20}(3+i)$	$-\frac{\pi}{40}(3+i)$	$-\frac{\pi i}{40}(3)$
$\sqrt{\gamma_3}$	$\frac{\pi}{4}(1+i)$	0	0
$\sqrt{\gamma'_3}$	$-\frac{\pi i}{20}(3+i)$	$-\frac{\pi}{40}(2-i)$	$-\frac{\pi i}{40}(2)$
$\sqrt{\gamma''_3}$	$\frac{\pi}{20}(7-i)$	$\frac{\pi i}{10}(2-i)$	$-\frac{\pi}{40}(2)$
$\sqrt{\xi_5}$	$-\frac{\pi}{10}(4+3i)$	$\frac{3}{10}\pi(2-i)$	$\frac{\pi}{40}(8)$
$\sqrt{\xi_6}$	$-\frac{\pi}{10}(4+3i)$	$\frac{\pi i}{10}(2-i)$	$-\frac{\pi i}{40}(4)$
$\sqrt{x_5}$	$\frac{\pi i}{2}$	$\frac{\pi i}{2}$	$-\frac{\pi i}{2}$
$\sqrt{x_6}$	$\frac{\pi i}{2}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2}$

Dans la théorie des fonctions abéliennes, on a rarement l'occasion de vérifier une formule générale par le calcul direct. Aussi la saisit-on volontiers, lorsque, comme c'est ici le cas, elle se présente tout naturellement. En effet, on est maintenant en état de vérifier la formule II, p. 114 de l'ouvrage de M. Weber, à savoir

$$\left(h \left(\int_{\alpha}^{\alpha'} du_h + \int_{\beta}^{\beta'} du_h \right) \right) = \left(\frac{1}{2} \omega_1, \frac{1}{2} \omega_2, \frac{1}{2} \omega_3 \right),$$

où α, β sont les zéros d'une fonction abélienne $\sqrt{x}$, α', β' les zéros d'une autre fonction abélienne $\sqrt{x'}$ et $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ un système de périodes à la caractéristique $(\omega) = (\sqrt{x}) + (\sqrt{x'})$.

Vérification pour $\sqrt{g^\circ} \sqrt{g}$.

Dans ce cas

$$(\omega) = (\sqrt{g^\circ}) + (\sqrt{g}) = \begin{pmatrix} 100 \\ 101 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 044 \\ 110 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 144 \\ 011 \end{pmatrix},$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \omega_1 &= \frac{1}{2} a_{11} + \frac{1}{2} a_{12} + \frac{1}{2} a_{13} = -\frac{1}{5} \pi (2-i) - \\ &\quad - \frac{\pi i}{10} (3+i) + \frac{1}{10} \pi (3+i) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \omega_2 &= \frac{1}{2} a_{21} + \frac{1}{2} a_{22} + \frac{1}{2} a_{23} + \frac{1}{2} \pi i = -\frac{1}{10} \pi i (3+i) - \\ &\quad - \frac{2}{10} \pi (2-i) - \frac{1}{10} \pi (2-i) + \frac{1}{2} \pi i = -\frac{1}{2} \pi + \frac{1}{2} \pi i \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \omega_3 &= \frac{1}{2} a_{31} + \frac{1}{2} a_{32} + \frac{1}{2} a_{33} + \frac{1}{2} \pi i = \frac{1}{10} \pi (3+i) - \\ &\quad - \frac{1}{10} \pi (2-i) - \frac{2}{10} \pi (3+i) + \frac{1}{2} \pi i = -\frac{1}{2} \pi + \frac{1}{2} \pi i \end{aligned}$$

et

$$V_h = \int_{III} e^{-\frac{5}{12} \pi i} du_h + \int_{II} e^{\frac{11}{12} \pi i} du_h.$$

Or, il est à remarquer qu'il ne serait pas exact d'écrire

$$\int_{III}^{III} \frac{e^{-\frac{5}{12}\pi i}}{e^{\frac{7}{12}\pi i}} = \int_{III}^0 e^{-\frac{5}{12}\pi i} - \int_{III}^0 e^{\frac{7}{12}\pi i},$$

vu que les limites inférieures, 0, dans la surface de Riemann adoptée, ne coïncident pas, mais sont séparées par des lignes

de passage. Cette remarque s'applique également à $\int_{II}^{II} \frac{e^{\frac{14}{12}\pi i}}{e^{-\frac{1}{12}\pi i}} du_h$ et,

en général, à toutes les intégrales de ce genre. Voici comment on peut procéder. On fera décrire à la variable z une ligne continue, partant de la limite inférieure $e^{\frac{7}{12}\pi i}$ dans la 3^{me} nappe et allant d'abord jusqu'à 0, puis de 0 à +1. Arrivé en +1, z tournera ce point un certain nombre de fois jusqu'à ce qu'il arrive dans la nappe voulue, ce qui est permis, attendu que les intégrales relatives à ces courbes infiniment petites sont négligeables. Ensuite z ira de +1 à 0 et enfin de 0 à la limite supérieure $e^{-\frac{5}{12}\pi i}$. De cette manière on obtient

$$\begin{aligned} V_1 &= \int_{III}^0 \frac{du_1}{e^{\frac{7}{12}\pi i}} + \int_{IV}^1 du_1^{(-)} + \int_{III}^0 du_1^{(+)} + \int_{III}^0 \frac{e^{-\frac{5}{12}\pi i}}{du_1} + \\ &+ \int_{II}^0 \frac{du_1}{e^{-\frac{1}{12}\pi i}} + \int_{II}^1 du_1^{(+)} + \int_{III}^1 du_1^{(-)} + \int_{II}^0 \frac{e^{\frac{14}{12}\pi i}}{du_1} = \\ &= \left[\int_{III}^0 \frac{e^{-\frac{5}{12}\pi i}}{du_1} + \int_{II}^0 \frac{e^{\frac{14}{12}\pi i}}{du_1} \right] - \left[\int_{III}^0 du_1 + \int_{II}^0 du_1 \right] + \\ &+ \int_{IV}^1 du_1^{(-)} - \int_{III}^1 du_1^{(+)} + \int_{II}^1 du_1^{(+)} - \int_{III}^1 du_1^{(-)} = \\ &= -\frac{1}{20}\pi i(7-i) + \frac{1}{20}\pi(3+i) + 0 - \frac{1}{10}\pi(2-i) - \\ &\quad - \frac{1}{20}\pi(3+i) - \frac{1}{20}\pi i(3+i) = -\frac{1}{5}\pi - \frac{2}{5}\pi i \end{aligned}$$

et de même

$$V_2 = \frac{3}{10}\pi - \frac{9}{10}\pi i, \quad V_3 = -\frac{1}{10}\pi + \frac{3}{10}\pi i.$$

Les valeurs trouvées peuvent s'écrire

$$\begin{aligned} V_1 &= -\frac{1}{5}\pi - \frac{2}{5}\pi i, \\ V_2 &= -\frac{1}{2}\pi + \frac{1}{2}\pi i + \frac{4}{5}\pi - \frac{7}{5}\pi i, \\ V_3 &= -\frac{1}{2}\pi + \frac{1}{2}\pi i + \frac{2}{5}\pi - \frac{1}{5}\pi i. \end{aligned}$$

La formule en question est vérifiée si dans les trois intégrales les expressions soulignées forment un système de périodes. On peut donc poser, en supprimant le facteur π

$$\begin{aligned} -\frac{1}{5} - \frac{2}{5}i &= m_1 i + \frac{1}{\pi} (aa_{11} + ba_{12} + ca_{13}) = \\ &= m_1 i - \frac{2}{5}(2-i)a - \frac{1}{5}i(3+i)b + \frac{1}{5}(3+i)c, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{4}{5} - \frac{7}{5}i &= m_2 i + \frac{1}{\pi} (aa_{21} + ba_{22} + ca_{23}) = \\ &= m_2 i - \frac{1}{5}i(3+i)a - \frac{2}{5}(2-i)b - \frac{1}{5}(2-i)c, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{2}{5} - \frac{1}{5}i &= m_3 i + \frac{1}{\pi} (aa_{31} + ba_{32} + ca_{33}) = \\ &= m_3 i + \frac{1}{5}(3+i)a - \frac{1}{5}(2-i)b - \frac{2}{5}(3+i)c. \end{aligned}$$

Les nombres entiers a, b, c, m_1, m_2, m_3 doivent satisfaire aux six équations résultant de la séparation des parties réelles et imaginaires qui, après multiplication par 5, prennent la forme

$$\begin{array}{l|l} -1 = -4a + b + 3c & -2 = m_1 + 2a - 3b + c, \\ 4 = a - 4b - 2c & -7 = m_2 - 3a + 2b + c, \\ 2 = 3a - 2b - 6c & -1 = m_3 + a + b - 2c. \end{array}$$

On en tire

$$\begin{aligned} a &= 0, & b &= -1, & c &= 0, \\ m_1 &= -5, & m_2 &= -5, & m_3 &= 0. \end{aligned}$$

Vérification pour $\sqrt{g^0} \sqrt{g'}$.

On trouve successivement

$$\begin{aligned} (\omega) &= (\sqrt{g^0}) + (\sqrt{g'}) = \begin{pmatrix} 100 \\ 101 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 011 \\ 001 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 111 \\ 100 \end{pmatrix}, \\ \frac{1}{2} \omega_1 &= \frac{1}{2} \pi i, & \frac{1}{2} \omega_2 &= -\frac{1}{2} \pi, & \frac{1}{2} \omega_3 &= -\frac{1}{2} \pi, \\ V_1 &= \int_{II}^{IV} \frac{e^{\frac{7}{12} \pi i}}{e^{-\frac{1}{12} \pi i}} du_1 + \int_{III}^{III} \frac{e^{-\frac{1}{12} \pi i}}{e^{\frac{7}{12} \pi i}} du_1 = \left[\int_{IV}^I \frac{e^{\frac{7}{12} \pi i}}{0} du_1 + \int_{III}^I \frac{e^{-\frac{1}{12} \pi i}}{0} du_1 \right] - \\ &\quad - \left[\int_{II}^I \frac{e^{-\frac{1}{12} \pi i}}{0} du_1 + \int_{III}^I \frac{e^{\frac{7}{12} \pi i}}{0} du_1 \right] + \int_{IV}^I du_1^{(-)} - \int_{III}^I du_1^{(+)} = \\ &= \frac{1}{4} \pi (1-i) + \frac{1}{20} \pi (3+i) + 0 - \frac{1}{10} \pi (2-i) = \frac{1}{5} \pi - \frac{1}{10} \pi i, \\ V_1 &= \frac{1}{5} \pi - \frac{1}{10} \pi i = \frac{1}{2} \pi i + \frac{1}{5} \pi - \frac{3}{5} \pi i, \\ V_2 &= -\frac{3}{10} \pi - \frac{3}{5} \pi i = -\frac{1}{2} \pi + \frac{1}{5} \pi - \frac{3}{5} \pi i, \\ V_3 &= \frac{1}{10} \pi + \frac{1}{5} \pi i = -\frac{1}{2} \pi + \frac{3}{5} \pi + \frac{1}{5} \pi i, \\ 1 &= -4a + b + 3c \quad \left| \begin{array}{l} -3 = m_1 + 2a - 3b + c \\ a = -1 \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{l} m_1 = 0 \\ m_2 = -5 \end{array} \right| \\ 1 &= a - 4b - 2c \quad \left| \begin{array}{l} -3 = m_2 - 3a + 2b + c \\ b = 0 \end{array} \right| \\ 3 &= 3a - 2b - 6c \quad \left| \begin{array}{l} 1 = m_3 + a + b - 2c \\ c = -1 \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{l} m_3 = 0 \end{array} \right| \end{aligned}$$

Vérification pour $\sqrt{g^o} \sqrt{g^n}$.

Il vient

$$(\omega) = (\sqrt{g^o}) + (\sqrt{g^n}) = \begin{pmatrix} 100 \\ 101 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 111 \\ 001 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 011 \\ 100 \end{pmatrix},$$

$$\frac{1}{2}\omega_1 = \frac{2}{5}\pi + \frac{3}{10}\pi i, \quad \frac{1}{2}\omega_2 = -\frac{3}{5}\pi + \frac{3}{10}\pi i,$$

$$\frac{1}{2}\omega_3 = -\frac{4}{5}\pi - \frac{1}{10}\pi i,$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \int_{III}^{III} e^{\frac{11}{12}\pi i} du_1 + \int_{II}^{IV} e^{-\frac{5}{12}\pi i} du_1 = \left[\int_{III}^{III} e^{\frac{11}{12}\pi i} du_1 + \int_{IV}^{IV} e^{-\frac{5}{12}\pi i} du_1 \right] - \\ &\quad - \left[\int_{III}^{III} e^{\frac{7}{12}\pi i} du_1 + \int_{II}^{II} e^{-\frac{1}{12}\pi i} du_1 \right] + \int_{II}^1 du_{1(+)} - \int_{IV}^1 du_{1(+)} = \\ &= \frac{1}{20}\pi(3+i) + \frac{1}{20}\pi(3+i) - \frac{1}{20}\pi(3+i) - \frac{1}{20}\pi i(3+i) = \\ &= \frac{1}{5}\pi - \frac{1}{10}\pi i, \end{aligned}$$

$$V_1 = \frac{1}{5}\pi - \frac{1}{10}\pi i = \frac{2}{5}\pi + \frac{3}{10}\pi i - \frac{1}{5}\pi - \frac{2}{5}\pi i,$$

$$V_2 = \frac{1}{5}\pi - \frac{1}{10}\pi i = -\frac{3}{5}\pi + \frac{3}{10}\pi i + \frac{4}{5}\pi - \frac{2}{5}\pi i,$$

$$V_3 = -\frac{2}{5}\pi - \frac{3}{10}\pi i = -\frac{4}{5}\pi - \frac{1}{10}\pi i + \frac{2}{5}\pi - \frac{1}{5}\pi i,$$

$$\begin{array}{l|l|l} -1 = -4a + b + 3c & -2 = m_1 + 2a - 3b + c & a = 0 \mid m_1 = -5 \\ 4 = a - 4b - 2c & -2 = m_2 - 3a + 2b + c & b = -1 \mid m_2 = 0 \\ 2 = 3a - 2b - 6c & -1 = m_3 + a + b - 2c & c = 0 \mid m_3 = 0 \end{array}$$

Si $\sqrt{x_1}, \sqrt{\xi_1}; \sqrt{x_2}, \sqrt{\xi_2}$ sont deux couples de fonctions abéliennes appartenant au même groupe, c'est-à-dire satisfaisant à la condition

$$(\sqrt{x_1 \xi_1}) = (\sqrt{x_2 \xi_2}),$$

une fonction de la forme

$$\sqrt{\Psi} = a_1 \sqrt{x_1 \xi_1} + a_2 \sqrt{x_2 \xi_2},$$

où a_1 et a_2 désignent des constantes, a été appelée par M. W. (p. 114) une *fonction-racine* (*Wurzelfunction*) du 2^d degré et du 2^d ordre. Sa caractéristique est $(\sqrt{\Psi}) = (\sqrt{x_1 \xi_1})$ et elle possède quatre zéros du premier ordre dont un est arbitraire. Les constantes a_1, a_2 peuvent être déterminées de manière que $\sqrt{\Psi}$ s'annule en un des zéros α, β d'une fonction abélienne $\sqrt{q}$, par exemple en α . M. Weber démontre (p. 116 et suiv.) qu'alors les trois autres zéros c_1, c_2, c_3 de cette fonction $\sqrt{\Psi}$ sont en même temps les zéros de la fonction $\mathcal{P}_{(\omega)} (\int_{\alpha}^{\zeta} du_h)$, à la condition toutefois que $(\omega) = (\sqrt{\Psi}) + (\sqrt{q})$. Lorsque (ω) est une caractéristique impaire, $\sqrt{\Psi}$ dégénère en un produit de deux fonctions abéliennes aux caractéristiques $(\sqrt{q})$ et $(\sqrt{\Psi}) + (\sqrt{q})$. Il s'ensuit, conformément à ce qui a été dit précédemment, qu'une fonction $\mathcal{P}_{(\omega)} (\int_{\alpha}^{\zeta} du_h)$ impaire s'annule pour $\zeta = \alpha$ et en outre pour les zéros de la fonction abélienne qui porte la même caractéristique.

Détermination de $c^{\circ}_1, c^{\circ}_2, c^{\circ}_3$.

Parmi les 36 systèmes de points c_1, c_2, c_3 , répondant aux 36 caractéristiques paires, il en est un qui mérite une attention spéciale. C'est celui qui représente les zéros du $\mathcal{P}$ fondamental $\mathcal{P} (\int_{\alpha}^{\zeta} du_h)$. Il correspond à $(\omega) = \binom{000}{000}$, soit $(\sqrt{\Psi}) = (\sqrt{q})$ et sera désigné par $c^{\circ}_1, c^{\circ}_2, c^{\circ}_3$. On peut le trouver de la manière suivante :

On choisira pour $\sqrt{q}$ la fonction $\sqrt{x_1} = \sqrt{s-1}$, en sorte que les égrales qui entrent comme arguments dans les fonctions ϑ : toutes pour limite inférieure le point $z=0, s=1$. Ensuite établira le groupe

$$\begin{aligned} \overline{q} = (\sqrt{x_1}) &= \begin{pmatrix} 100 \\ 110 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 010 \\ 110 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 110 \\ 010 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 010 \\ 111 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 110 \\ 011 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 001 \\ 101 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 101 \\ 001 \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} 001 \\ 111 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 101 \\ 111 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 111 \\ 010 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 011 \\ 110 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 111 \\ 001 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 011 \\ 101 \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} 101 \\ 101 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 011 \\ 101 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 101 \\ 101 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 011 \\ 101 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 101 \\ 101 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 011 \\ 101 \end{pmatrix} = \end{aligned}$$

On peut alors poser

$$\sqrt{\overline{\Psi}} = \sqrt{x_3 x_5} + a \sqrt{\xi_3 \xi_5}$$

à la condition que l'équation

$$\sqrt{x_3 \xi_5} + \sqrt{x_5 \xi_3} + \sqrt{x_1 \xi_1} = 0$$

soit identique, à un facteur constant près, à $s' + z' - 1 = 0$.

Or, on voit aisément qu'à cet effet il suffit d'admettre

$$\begin{aligned} x_1 &= s-1, & x_5 &= z-i, & x_3 &= s-\varepsilon'z, \\ \xi_1 &= -\varepsilon'(s+1), & \xi_5 &= \varepsilon(z+i), & \xi_3 &= \varepsilon(s+\varepsilon'z) \end{aligned}$$

et en conséquence

$$\sqrt{\overline{\Psi}} = \sqrt{(z-i)(s-\varepsilon'z)} + a \sqrt{i(z+i)(s+\varepsilon'z)}.$$

Afin de pouvoir utiliser directement les formules finales de M. W. (p. 118 et 119), à savoir :

$$(1) \quad x_1 - \lambda \xi_3 = 0, \quad x_2 - \lambda \xi_4 = 0, \quad \xi_5 = 0$$

$$(2) \quad \begin{cases} x_1 x_2 = \lambda''^2 \xi_1 \xi_2 \\ 2\lambda'' \xi_1 \xi_2 = x_1 \xi_4 + x_2 \xi_3 - x_3 \xi_5 \end{cases}$$

on remplacera

$$\text{par} \quad \frac{x_1, \quad x_2, \quad \xi_1, \quad \xi_2, \quad x_3, \quad \xi_3}{x_5, \quad x_5, \quad \xi_5, \quad \xi_5, \quad \xi_1, \quad x_1}.$$

Par là, ces équations prennent la forme

$$(1^a) \quad \begin{cases} x_5 - \lambda \xi_5 = z-i - \lambda \varepsilon(s+\varepsilon'z) = 0 \\ x_5 - \lambda \xi_5 = s-\varepsilon'z - \lambda \varepsilon(z+i) = 0 \\ x_1 = s-1 = 0 \end{cases}$$

$$(2^a) \quad \begin{cases} x_3 x_5 = \lambda''^2 \xi_3 \xi_5 \\ 2\lambda'' \xi_3 \xi_5 = x_3 \xi_5 + x_5 \xi_3 - x_1 \xi_1. \end{cases}$$

Les équations (1^a) déterminent les deux valeurs de λ , λ' et qui correspondent aux zéros de $\sqrt{x_1}$. Mais dans le cas actuel ces deux valeurs sont égales; par conséquent l'élimination de s et entre ces trois équations devient superflue. En effet, en faisant $z = 0$, $s = 1$ dans l'équation

$$z - i - \lambda \varepsilon (s + \varepsilon' z) = 0,$$

on en tire

$$\lambda = \lambda' = \lambda'' = a = -\frac{i}{\varepsilon} = -\varepsilon.$$

La valeur de λ'' introduite dans (2^a), ces équations deviennent

$$(3) \quad z(s + \varepsilon) = 0,$$

$$(4) \quad \sqrt{2}s^2 - 2\varepsilon' sz + i\sqrt{2}(\sqrt{2} + 1)z^2 - 2\varepsilon s - 2z + i\sqrt{2} = 0.$$

Géométriquement, l'équation (3) représente deux lignes droites et l'équation (4) une conique. Les coordonnées de leurs points d'intersection sont les valeurs cherchées. En rejetant la solution $z = 0$, $s = 1$, on trouve aisément

$$c^{\circ}_1 : z = i\sqrt[4]{2}, s = -\varepsilon, \text{ nappe III,}$$

$$c^{\circ}_2 : z = -i\sqrt[4]{2}, s = -\varepsilon, \quad \gg \quad \text{IV,}$$

$$c^{\circ}_3 : z = 0, \quad s = i, \quad \gg \quad \text{II.}$$

Détermination de quelques autres systèmes c_1 , c_2 , c_3 .

Il ne peut pas être question ici de déterminer tous les 36 systèmes de points c_1 , c_2 , c_3 . Quelques exemples suffiront, et on donnera la préférence à ceux qui n'exigent pas des calculs trop compliqués. D'ailleurs, le procédé employé étant toujours le même, les calculs suivants peuvent se passer de commentaire

$$\mathcal{P}_{\left(\begin{smallmatrix} 100 \\ 000 \end{smallmatrix}\right)} \left(\int_0^1 du_h \right).$$

Dans ce cas

$$(\omega) = \left(\begin{smallmatrix} 100 \\ 000 \end{smallmatrix}\right), (\sqrt{q}) = \left(\begin{smallmatrix} 100 \\ 100 \end{smallmatrix}\right), (\sqrt{\overline{\psi}}) = (\omega) + (\sqrt{q}) = \left(\begin{smallmatrix} 000 \\ 100 \end{smallmatrix}\right).$$

Le groupe

$$\begin{aligned} \left(\frac{000}{100}\right) &= \frac{\left(\frac{010}{010}\right)}{\xi_6} + \frac{\left(\frac{010}{110}\right)}{\xi_5} = \frac{\left(\frac{010}{011}\right)}{\gamma''_4} + \frac{\left(\frac{010}{111}\right)}{\gamma''_2} = \frac{\left(\frac{004}{004}\right)}{x_6} + \frac{\left(\frac{004}{104}\right)}{x_5} = \frac{\left(\frac{004}{011}\right)}{\gamma''_2} + \\ &+ \frac{\left(\frac{004}{111}\right)}{\gamma''_4} = \frac{\left(\frac{011}{010}\right)}{\gamma''_3} + \frac{\left(\frac{011}{110}\right)}{g} = \frac{\left(\frac{011}{004}\right)}{g'} + \frac{\left(\frac{011}{104}\right)}{\gamma_3} \end{aligned}$$

permet de poser

$$\begin{aligned} \sqrt{\Psi} &= \sqrt{x_3 x_6} + a \sqrt{\xi_3 \xi_6}, \\ \sqrt{x_3 \xi_3} + \sqrt{x_6 \xi_6} + \sqrt{x_4 \xi_4} &= 0, \end{aligned}$$

où

$$\begin{aligned} x_3 &= z - i, & x_6 &= s + \varepsilon z, & x_4 &= s - 1, \\ \xi_3 &= \varepsilon'(z + i), & \xi_6 &= \varepsilon'(s - \varepsilon z), & \xi_4 &= -\varepsilon(s + 1). \end{aligned}$$

Les trois équations de M. W.

$$x_1 - \lambda \xi_2 = 0, \quad \begin{cases} x_1 x_2 = \lambda''^2 \xi_1 \xi_2, \\ 2\lambda'' \xi_1 \xi_2 = x_1 \xi_1 + x_2 \xi_2 - x_3 \xi_3. \end{cases}$$

deviennent

$$\begin{aligned} x_3 - \lambda \xi_6 &= z - i - \lambda \varepsilon'(s - \varepsilon z) = 0, \\ x_3 x_6 &= \lambda''^2 \xi_3 \xi_6, \\ 2\lambda'' \xi_3 \xi_6 &= x_3 \xi_3 + x_6 \xi_6 - x_4 \xi_4. \end{aligned}$$

De la première on tire pour $z = 0, s = 1$ la valeur

$$\lambda' = \lambda'' = a = \varepsilon'$$

et les deux autres, après simplification, prennent la forme

$$z(s + \varepsilon') = 0,$$

$$(1 + i)s^2 + 2is z + (1 - i + 2\varepsilon')z^2 - 2s + 2\varepsilon z + 1 - i = 0.$$

En les résolvant on obtient

$$c_1 : z = 0, \quad s = -i, \quad \text{nappe IV,}$$

$$c_2 : z = i\sqrt[4]{2}, \quad s = -\varepsilon', \quad \text{» I,}$$

$$c_3 : z = -i\sqrt[4]{2}, \quad s = -\varepsilon', \quad \text{» III.}$$

$$\vartheta_{\begin{smallmatrix} 010 \\ 104 \end{smallmatrix}} \left(\int_0^1 du_h \right).$$

Dans ce cas

$$\langle \sqrt{\Psi} \rangle = \langle \sqrt{q} \rangle + (\omega) = \begin{pmatrix} 100 \\ 100 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 010 \\ 101 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 110 \\ 001 \end{pmatrix},$$

$$\sqrt{\Psi} = \sqrt{x_2 x_3} + a \sqrt{\xi_2 \xi_3},$$

$$\sqrt{x_2 \xi_2} + \sqrt{x_3 \xi_3} + \sqrt{x_4 \xi_4} = 0,$$

$$x_1 = s-1, \quad x_2 = \frac{1}{2}(z+1), \quad x_3 = -\frac{1}{2}(z-i),$$

$$\xi_1 = s+1, \quad \xi_2 = z-1, \quad \xi_3 = z+i.$$

L'équation

$$x_2 - \lambda \xi_3 = \frac{1}{2}(z+1) - \lambda(z+i) = 0$$

donne pour $z=0$,

$$\lambda = \lambda' = \lambda'' = a = -\frac{1}{2}i$$

et des équations

$$0 \cdot z^2 + 2(1-i)z = 0$$

$$s^2 - iz^2 + (1+i)z - 1 = 0$$

on tire

$$c_1 : z = 0, \quad s = -1, \quad \text{nappe III},$$

$$c_2 : z = \infty, \quad \frac{s}{z} = \varepsilon, \quad \text{» I},$$

$$c_3 : z = \infty, \quad \frac{s}{z} = -\varepsilon, \quad \text{» III}.$$

$$\vartheta_{\begin{smallmatrix} 011 \\ 111 \end{smallmatrix}} \left(\int_0^1 du_h \right).$$

$$\text{Ici} \quad \langle \sqrt{\Psi} \rangle = \langle \sqrt{q} \rangle + (\omega) = \begin{pmatrix} 100 \\ 100 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 011 \\ 111 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 111 \\ 011 \end{pmatrix},$$

$$\sqrt{\Psi} = \sqrt{x_3 \xi_6} + a \sqrt{x_6 \xi_3},$$

$$\sqrt{x_3 \xi_3} + \sqrt{x_6 \xi_6} + \sqrt{x_4 \xi_4} = 0,$$

$$x_3 = s - \varepsilon'z, \quad x_6 = s + \varepsilon z, \quad x_1 = s-1,$$

$$\xi_3 = \frac{1}{2}i(s + \varepsilon'z), \quad \xi_6 = \frac{1}{2}i(s - \varepsilon z), \quad \xi_1 = i(s+1).$$

L'équation

$$x_3 - \lambda x_6 = s - \varepsilon' z - \lambda(s + \varepsilon z) = 0$$

fournit pour $z = 0, s = 1$ la valeur

$$\lambda = \lambda' = \lambda'' = a = 1$$

et les deux équations

$$\begin{aligned} sz &= 0, \\ s^2 + \sqrt{2}sz + z^2 - 1 &= 0, \end{aligned}$$

donnent

$$\left. \begin{aligned} c_1 : z &= 0, \quad s = -1, \quad \text{nappe III,} \\ c_2 : z &= 1, \quad s = 0 \\ c_3 : z &= -1, \quad s = 0 \end{aligned} \right\} \text{ toutes les quatre nappes.}$$

$$\mathcal{P}_{\binom{101}{101}} \left(\int_0^1 du_h \right).$$

Dans ce cas on a

$$\begin{aligned} (\sqrt{\overline{\Psi}}) &= (\sqrt{\overline{q}}) + (\omega) = \binom{100}{100} + \binom{101}{101} = \binom{001}{001}, \\ \sqrt{\overline{\Psi}} &= \sqrt{x_4 \xi_2} + a \sqrt{x_2 \xi_4}, \\ \sqrt{x_2 \xi_2} + \sqrt{x_4 \xi_4} + \sqrt{x_1 \xi_1} &= 0, \\ x_1 &= z + 1, \quad x_4 = s + i, \quad x_1 = s - 1, \\ \xi_1 &= z - 1, \quad \xi_4 = -\frac{1}{2}(s - i), \quad \xi_1 = \frac{1}{2}(s + 1). \end{aligned}$$

De l'équation

$$x_4 - \lambda x_2 = s + i - \lambda(z + 1) = 0$$

il suit pour $z = 0, s = 1$:

$$\lambda = \lambda' = \lambda'' = a = 1 + i.$$

Les deux coniques deviennent

$$\begin{aligned} sz + is + z - i &= 0, \\ s^2 - (1 + i)sz - z^2 - (1 + i)s - (1 - i)z + i &= 0. \end{aligned}$$

Elles se coupent au point $z=0$, $s=1$ et en outre dans 1 trois points

$$c_1 : z = i, \quad s = 0 \text{ dans les 4 nappes,}$$

$$c_2 : z = \frac{-i + \sqrt{7}}{2}, \quad s = \frac{-1 + i\sqrt{7}}{2}, \text{ nappe II,}$$

$$c_3 : z = \frac{-i - \sqrt{7}}{2}, \quad s = \frac{-1 - i\sqrt{7}}{2} \quad \gg \quad \text{I.}$$

$$\frac{\mathcal{P}_{\begin{smallmatrix} 001 \\ 110 \end{smallmatrix}}}{0} \left(\int_0^1 du_h \right).$$

$$\text{Ici} \quad (\sqrt{\Psi}) = (\sqrt{q}) + (\omega) = \begin{pmatrix} 100 \\ 100 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 001 \\ 110 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 101 \\ 010 \end{pmatrix},$$

$$\sqrt{\Psi} = \sqrt{x_2 \xi_3} + a \sqrt{x_3 \xi_2},$$

$$\sqrt{x_2 \xi_2} + \sqrt{x_3 \xi_3} + \sqrt{x_1 \xi_1} = 0,$$

$$x_2 = z + 1, \quad x_3 = z - i, \quad x_1 = s - 1,$$

$$\xi_2 = \frac{1}{2}(z - 1), \quad \xi_3 = -\frac{1}{2}(z + i), \quad \xi_1 = s + 1.$$

De l'équation

$$x_2 - \lambda x_3 = z + 1 - \lambda(z - i) = 0$$

on tire pour $z = 0$

$$\lambda = \lambda' = \lambda'' = a = i$$

et les coniques

$$0 \cdot z^2 + 2(1 + i)z = 0,$$

$$s^2 + iz^2 + (1 - i)z - 1 = 0$$

se coupent bien en $z = 0$, $s = 1$ et de plus en

$$c_1 : z = 0, \quad s = -1, \text{ nappe III,}$$

$$c_2 : z = \infty, \quad \frac{s}{z} = \epsilon', \quad \gg \quad \text{IV,}$$

$$c_3 : z = \infty, \quad \frac{s}{z} = -\epsilon', \quad \gg \quad \text{II.}$$

Le problème de Riemann.

Au sujet de ce problème fondamental, M. Weber (p. 159 à 168), indique dans tous leurs détails les calculs nécessaires. En les suivant pas à pas, on arrivera sans difficulté aux résultats désirés. Au lieu d'une traduction à peu près littérale de cette partie de l'ouvrage de M. W., il sera plus utile de donner ici une application des formules trouvées à des cas particuliers en n'insistant que sur le commencement de la solution.

I. Les deux caractéristiques (k) et (k') sont paires.

Soit par exemple

$$(k) = \begin{pmatrix} 010 \\ 100 \end{pmatrix}, \quad (k') = \begin{pmatrix} 001 \\ 100 \end{pmatrix}, \quad (k) + (k') = (\sqrt{x_1}) + (\sqrt{x_2}).$$

En formant les deux groupes

$$\begin{aligned} (k) + (k') &= \begin{pmatrix} 011 \\ 000 \end{pmatrix} = \frac{\begin{pmatrix} 100 \\ 100 \end{pmatrix}}{x_1} + \frac{\begin{pmatrix} 111 \\ 100 \end{pmatrix}}{x_2} = \frac{\begin{pmatrix} 100 \\ 111 \end{pmatrix}}{\xi_3} + \frac{\begin{pmatrix} 111 \\ 111 \end{pmatrix}}{\xi_1} = \frac{\begin{pmatrix} 010 \\ 011 \end{pmatrix}}{\gamma''_1} + \frac{\begin{pmatrix} 001 \\ 011 \end{pmatrix}}{\gamma''_2} = \\ &= \frac{\begin{pmatrix} 010 \\ 111 \end{pmatrix}}{\gamma'_2} + \frac{\begin{pmatrix} 001 \\ 111 \end{pmatrix}}{\gamma'_1} = \frac{\begin{pmatrix} 101 \\ 100 \end{pmatrix}}{\gamma_2} + \frac{\begin{pmatrix} 110 \\ 100 \end{pmatrix}}{\gamma_1} = \frac{\begin{pmatrix} 101 \\ 011 \end{pmatrix}}{\gamma'_2} + \frac{\begin{pmatrix} 110 \\ 011 \end{pmatrix}}{\gamma'_1}, \\ (k) + (\sqrt{x_1}) &= \begin{pmatrix} 110 \\ 000 \end{pmatrix} = \frac{\begin{pmatrix} 100 \\ 110 \end{pmatrix}}{\gamma''_3} + \frac{\begin{pmatrix} 010 \\ 110 \end{pmatrix}}{\xi_3} = \frac{\begin{pmatrix} 100 \\ 111 \end{pmatrix}}{\xi_3} + \frac{\begin{pmatrix} 010 \\ 111 \end{pmatrix}}{\gamma''_2} = \frac{\begin{pmatrix} 001 \\ 001 \end{pmatrix}}{x_6} + \frac{\begin{pmatrix} 111 \\ 001 \end{pmatrix}}{g''} = \\ &= \frac{\begin{pmatrix} 001 \\ 111 \end{pmatrix}}{\gamma'_2} + \frac{\begin{pmatrix} 111 \\ 111 \end{pmatrix}}{\xi_1} = \frac{\begin{pmatrix} 011 \\ 001 \end{pmatrix}}{g'} + \frac{\begin{pmatrix} 101 \\ 001 \end{pmatrix}}{x_5} = \frac{\begin{pmatrix} 011 \\ 110 \end{pmatrix}}{g} + \frac{\begin{pmatrix} 101 \\ 110 \end{pmatrix}}{x_4} \end{aligned}$$

on remarque qu'ils possèdent les 4 caractéristiques communes

$$\begin{aligned} (\sqrt{y_1}) &= (\sqrt{\xi_1}) = \begin{pmatrix} 111 \\ 111 \end{pmatrix}, & (\sqrt{y_2}) &= (\sqrt{\xi_2}) = \begin{pmatrix} 100 \\ 111 \end{pmatrix}, \\ (\sqrt{z_1}) &= (\sqrt{\gamma''_1}) = \begin{pmatrix} 001 \\ 111 \end{pmatrix}, & (\sqrt{z_2}) &= (\sqrt{\gamma''_2}) = \begin{pmatrix} 010 \\ 111 \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Posant, en conséquence,

$$\begin{aligned} \sqrt{x_1} &= \sqrt{s-1}, & \sqrt{x_2} &= \sqrt{z+1}, & \sqrt{y_1} &= \sqrt{s+1}, \\ \sqrt{y_2} &= \sqrt{z-1}, & \sqrt{z_1} &= \sqrt{s-z+\varepsilon}, & \sqrt{z_2} &= \sqrt{s-z+\varepsilon'}, \end{aligned}$$

on trouve aisément la formule

$$\sqrt{\frac{\chi_{(100)}^{(010)}}{\chi_{(100)}^{(001)}}} = \frac{\mathcal{P}_{(100)}^{(001)}}{\mathcal{P}_{(100)}^{(010)}} \cdot \frac{\mathcal{P}_{(100)}^{(010)}(v_1, v_2, v_3)}{\mathcal{P}_{(100)}^{(001)}(v_1, v_2, v_3)} = \sqrt{-1} \cdot \frac{\mathcal{P}_{(100)}^{(010)}(v_1, v_2, v_3)}{\mathcal{P}_{(100)}^{(001)}(v_1, v_2, v_3)}$$

Désignant par $x_i^{(\zeta)}$, $y_i^{(\zeta)}$, $z_i^{(\zeta)}$ les valeurs que prennent les fonctions x_i , y_i , z_i pour $\zeta = \zeta_s$, soit $s = s_s$, $z = z_s$, on a ici

$$\begin{aligned} & \sqrt{\chi_{(100)}^{(010)}} = \\ & = \Sigma \pm \sqrt{x_1 y_1 z_1}, \sqrt{x_1^{(1)} y_1^{(1)} z_1^{(1)}}, \sqrt{x_2^{(2)} y_1^{(2)} z_2^{(2)}}, \sqrt{x_2^{(3)} y_2^{(3)} z_1^{(3)}}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \sqrt{\chi_{(100)}^{(001)}} = \\ & = \Sigma \pm \sqrt{x_2 y_2 z_2}, \sqrt{x_2^{(1)} y_1^{(1)} z_1^{(1)}}, \sqrt{x_1^{(2)} y_2^{(2)} z_1^{(2)}}, \sqrt{x_1^{(3)} y_1^{(3)} z_2^{(3)}}, \end{aligned}$$

et les arguments v_1 , v_2 , v_3 sont déterminés par la congruence

$$(v_1, v_2, v_3) \equiv (h_1^3 \left(\int_{\alpha}^{\gamma_1} du_h + \int_{\beta}^{\gamma_2} du_h + \int_{\alpha}^{\gamma_3} du_h + \int_{\beta}^{\gamma_3} du_h \right)),$$

où α et β signifient les zéros d'une fonction abélienne quelconque.

II. Les caractéristiques (k) et (k') sont impaires.

Soit

$$(k) = (\sqrt{z_1}) = (\sqrt{\gamma_1^o}) = \begin{pmatrix} 001 \\ 111 \end{pmatrix}, \quad (k') = (\sqrt{z_2}) = (\sqrt{\gamma_2^o}) = \begin{pmatrix} 010 \\ 111 \end{pmatrix}.$$

Alors on a

$$(\sqrt{x_1 x_2}) = (\sqrt{y_1 y_2}) = (\sqrt{z_1 z_2}) = (k) + (k') = \begin{pmatrix} 011 \\ 000 \end{pmatrix}$$

et les caractéristiques

$$(\sqrt{x_1 y_1 z_1}) = (k) + (\sqrt{x_1 y_1}) = (k_1) = \begin{pmatrix} 001 \\ 111 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 100 \\ 100 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 111 \\ 111 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 010 \\ 100 \end{pmatrix},$$

$$(\sqrt{x_1 y_1 z_2}) = (k') + (\sqrt{x_1 y_1}) = (k'_1) = \begin{pmatrix} 010 \\ 111 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 100 \\ 100 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 111 \\ 111 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 001 \\ 100 \end{pmatrix},$$

sont paires. En admettant encore, comme dans le cas précédent,

$$\sqrt{x_1} = \sqrt{s-1}, \quad \sqrt{x_2} = \sqrt{z+1}, \quad \sqrt{y_1} = \sqrt{\xi_1} = \sqrt{s+1},$$

$$\sqrt{y_2} = \sqrt{\xi_2} = \sqrt{z-1}, \quad \sqrt{z_1} = \sqrt{\gamma_1^o} = \sqrt{s-z+\varepsilon},$$

$$\sqrt{z_2} = \sqrt{\gamma_2^o} = \sqrt{s-z+\varepsilon'},$$

il arrive à la formule

$$\sqrt{-\frac{\chi_{\begin{pmatrix} 001 \\ 111 \end{pmatrix}}}{\chi_{\begin{pmatrix} 010 \\ 111 \end{pmatrix}}}} = -\frac{\mathfrak{F}_{\begin{pmatrix} 001 \\ 100 \end{pmatrix}}}{\mathfrak{F}_{\begin{pmatrix} 010 \\ 100 \end{pmatrix}}} \cdot \frac{\mathfrak{F}_{\begin{pmatrix} 001 \\ 111 \end{pmatrix}}(v_1 v_2 v_3)}{\mathfrak{F}_{\begin{pmatrix} 010 \\ 111 \end{pmatrix}}(v_1 v_2 v_3)},$$

dans laquelle

$$\overline{\chi_{\begin{pmatrix} 001 \\ 111 \end{pmatrix}}} = \Sigma \pm x_1 \sqrt{z_1}, \quad y_1^{(1)} \sqrt{z_1^{(1)}}, \quad \sqrt{x_1^{(2)} x_2^{(2)} z_2^{(2)}}, \quad \sqrt{y_1^{(3)} y_2^{(3)} z_2^{(3)}},$$

$$\overline{\chi_{\begin{pmatrix} 010 \\ 111 \end{pmatrix}}} = \Sigma \pm x_1 \sqrt{z_2}, \quad y_1^{(1)} \sqrt{z_2^{(1)}}, \quad \sqrt{x_1^{(2)} x_2^{(2)} z_1^{(2)}}, \quad \sqrt{y_1^{(3)} y_2^{(3)} z_1^{(3)}}.$$

Les variables v_1, v_2, v_3 conservent toujours la même signification.

III. La caractéristique (k) est impaire, (k') paire.

$$\text{Soit} \quad (k) = (\sqrt{x}) = \begin{pmatrix} 001 \\ 101 \end{pmatrix}, \quad (k') = \begin{pmatrix} 010 \\ 101 \end{pmatrix}.$$

Les deux groupes

$$\begin{aligned} (\sqrt{x_1 x_2}) &= \begin{pmatrix} 011 \\ 000 \end{pmatrix} = \frac{\begin{pmatrix} 100 \\ 100 \end{pmatrix}}{x_1} + \frac{\begin{pmatrix} 111 \\ 100 \end{pmatrix}}{x_2} = \frac{\begin{pmatrix} 100 \\ 111 \end{pmatrix}}{\xi_2} + \frac{\begin{pmatrix} 111 \\ 111 \end{pmatrix}}{\xi_1} = \frac{\begin{pmatrix} 010 \\ 011 \end{pmatrix}}{\gamma''_1} + \frac{\begin{pmatrix} 001 \\ 011 \end{pmatrix}}{\gamma''_2} = \\ &= \frac{\begin{pmatrix} 010 \\ 111 \end{pmatrix}}{\gamma''_2} + \frac{\begin{pmatrix} 001 \\ 111 \end{pmatrix}}{\gamma''_1} = \frac{\begin{pmatrix} 101 \\ 100 \end{pmatrix}}{\gamma_2} + \frac{\begin{pmatrix} 110 \\ 100 \end{pmatrix}}{\gamma_1} = \frac{\begin{pmatrix} 101 \\ 011 \end{pmatrix}}{\gamma'_2} + \frac{\begin{pmatrix} 110 \\ 011 \end{pmatrix}}{\gamma'_1}, \\ (\sqrt{x_1 y_1}) &= \begin{pmatrix} 011 \\ 011 \end{pmatrix} = \frac{\begin{pmatrix} 100 \\ 100 \end{pmatrix}}{x_1} + \frac{\begin{pmatrix} 111 \\ 111 \end{pmatrix}}{\xi_1} = \frac{\begin{pmatrix} 100 \\ 111 \end{pmatrix}}{\xi_2} + \frac{\begin{pmatrix} 111 \\ 100 \end{pmatrix}}{x_2} = \frac{\begin{pmatrix} 010 \\ 010 \end{pmatrix}}{\xi_3} + \frac{\begin{pmatrix} 001 \\ 001 \end{pmatrix}}{x_6} = \\ &= \frac{\begin{pmatrix} 010 \\ 110 \end{pmatrix}}{\xi_3} + \frac{\begin{pmatrix} 001 \\ 101 \end{pmatrix}}{x_5} = \frac{\begin{pmatrix} 101 \\ 001 \end{pmatrix}}{x_5} + \frac{\begin{pmatrix} 110 \\ 010 \end{pmatrix}}{\xi_5} = \frac{\begin{pmatrix} 101 \\ 110 \end{pmatrix}}{x_4} + \frac{\begin{pmatrix} 110 \\ 101 \end{pmatrix}}{\xi_4} \end{aligned}$$

font reconnaître qu'on peut poser

$$\begin{aligned} \sqrt{x_1} &= \sqrt{s-1}, \quad \sqrt{x_2} = \sqrt{z+1}, \quad \sqrt{y_1} = \sqrt{\xi_1} = \sqrt{s+1}, \\ \sqrt{y_2} &= \sqrt{\xi_2} = \sqrt{z-1}, \quad \sqrt{z_1} = \sqrt{\gamma_1} = \sqrt{s-2+\varepsilon}, \\ \sqrt{x} &= \sqrt{x_3} = \sqrt{z-i}, \quad \sqrt{y} = \sqrt{\xi_3} = \sqrt{z+i} \end{aligned}$$

et qu'alors les deux caractéristiques

$$(k_i) = (\sqrt{xyz_i}) = \binom{001}{101} + \binom{010}{110} + \binom{001}{111} = \binom{010}{100},$$

$$(k'_i) = (k') + (\sqrt{yz_i}) = \binom{010}{101} + \binom{010}{110} + \binom{001}{111} = \binom{001}{100}$$

sont paires. En introduisant ces fonctions et caractérist dans les formules générales, il vient

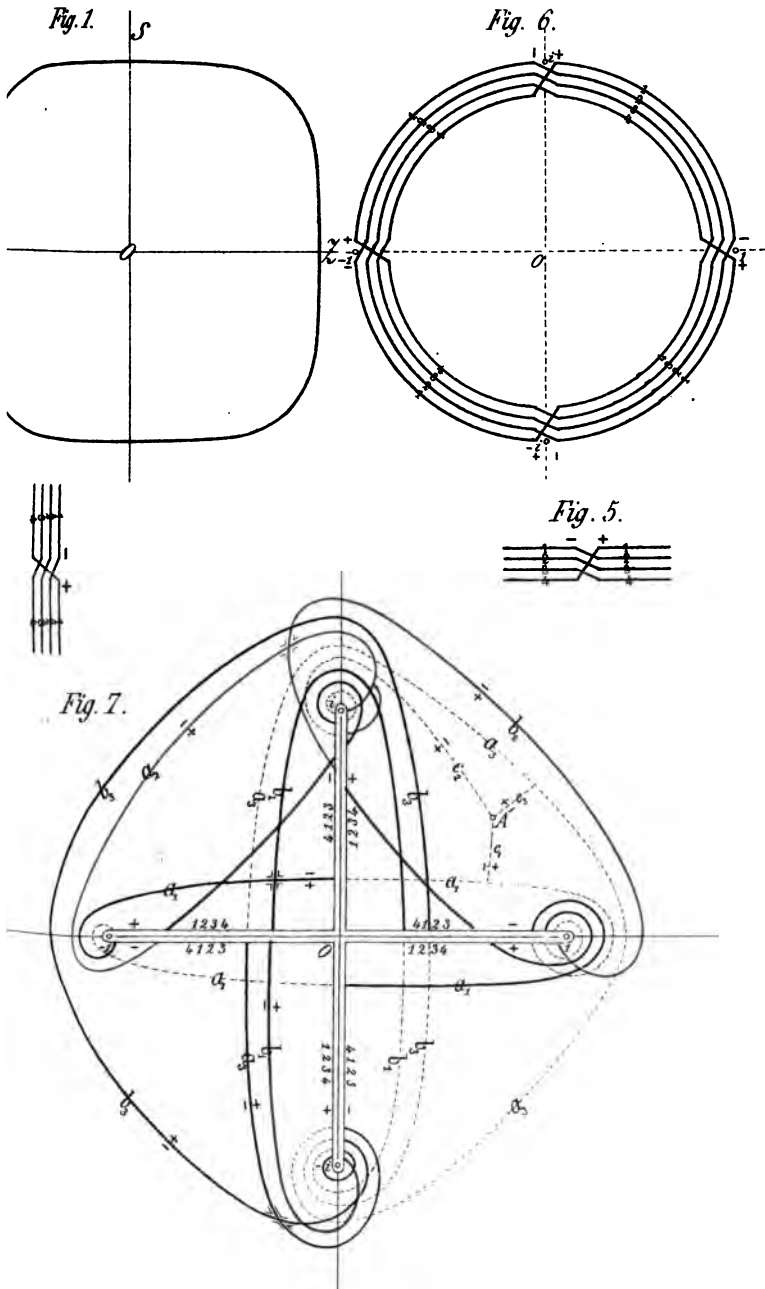
$$\mp (1+i) \sqrt{\frac{x_{\binom{001}{101}}}{x_{\binom{010}{101}}}} = \frac{\mathcal{P}_{\binom{001}{100}}}{\mathcal{P}_{\binom{010}{100}}} \cdot \frac{\mathcal{P}_{\binom{001}{101}}(v_1, v_2, v_3)}{\mathcal{P}_{\binom{010}{101}}(v_1, v_2, v_3)},$$

où

$$\sqrt{x_{\binom{001}{101}}} = \Sigma \pm x \sqrt{x}, z_1^{(1)} \sqrt{x^{(1)}}, \sqrt{y^{(2)} x_1^{(2)} y_1^{(2)}}, \sqrt{y^{(3)} x_2^{(3)}}$$

$$\sqrt{x_{\binom{010}{101}}} = \Sigma \pm \sqrt{x x_1 x_2}, \sqrt{x^{(1)} y_1^{(1)} y_2^{(1)}}, \sqrt{y^{(2)} x_1^{(2)} y_2^{(2)}}, \sqrt{y^{(3)} x_2^{(3)}}$$

Il serait inutile d'insister encore sur le problème de Jacobi attendu qu'à l'aide de ce qui vient d'être dit, le lecteur s'attend facilement jusqu'au bout l'ouvrage si souvent cité. Notre travail peut donc s'arrêter ici, d'autant plus que les deux problèmes de Jacobi et de Riemann seront repris, dans un second mémoire à un point de vue tout différent et spécialement approprié au cas particulier qui a fait l'objet de cette étude.



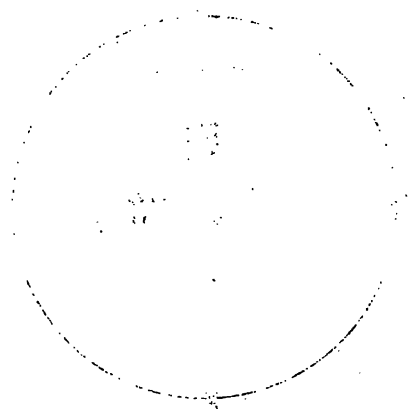


Fig. 2.

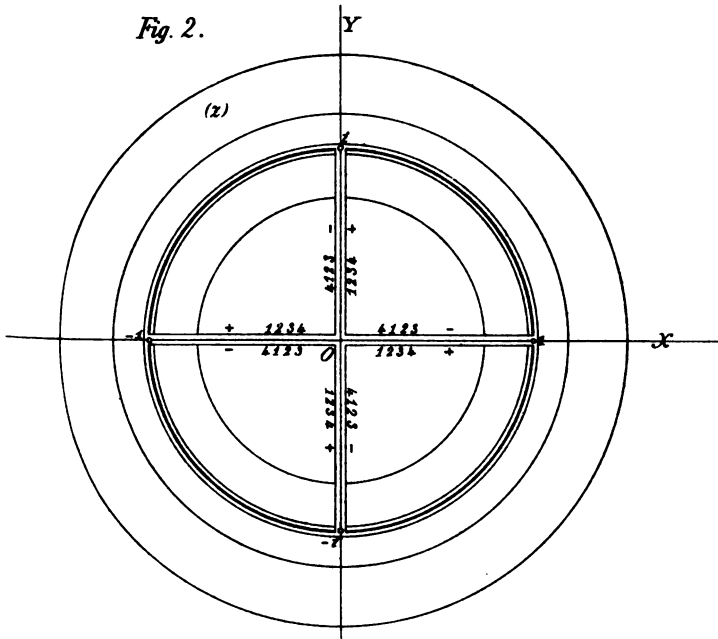
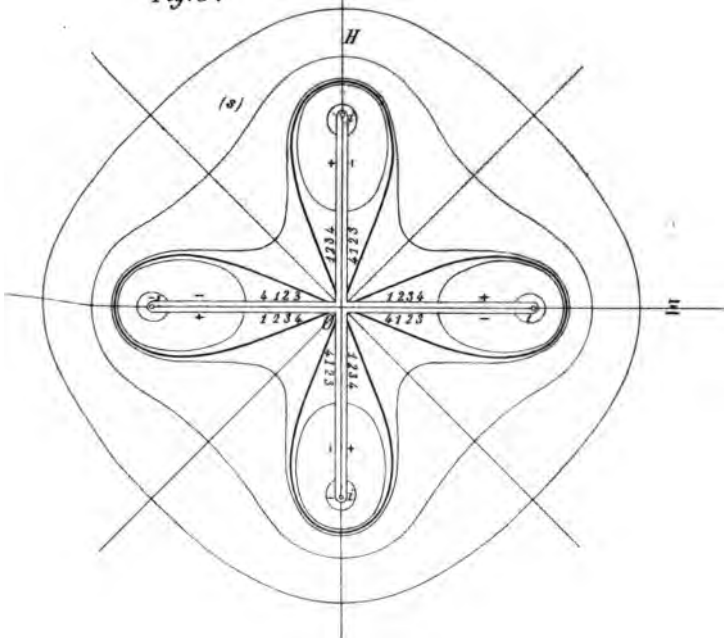
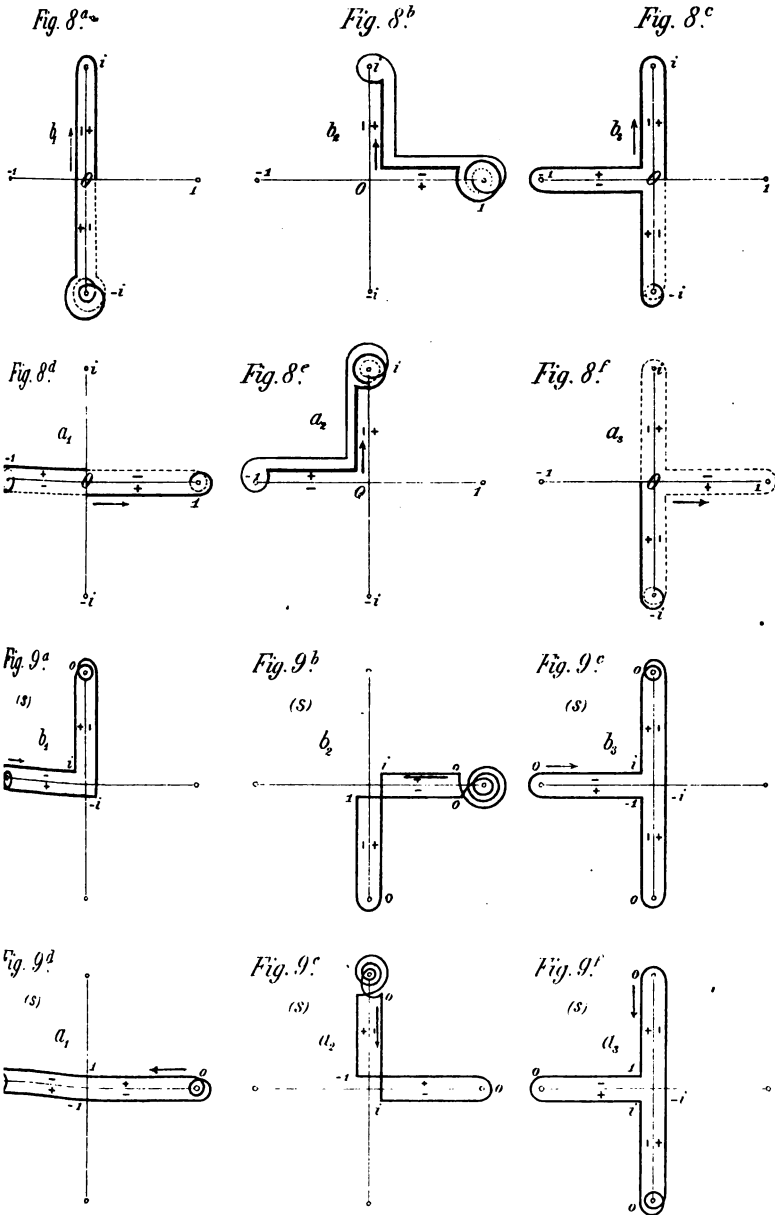


Fig. 3.





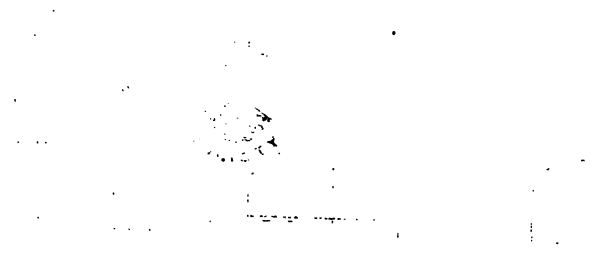
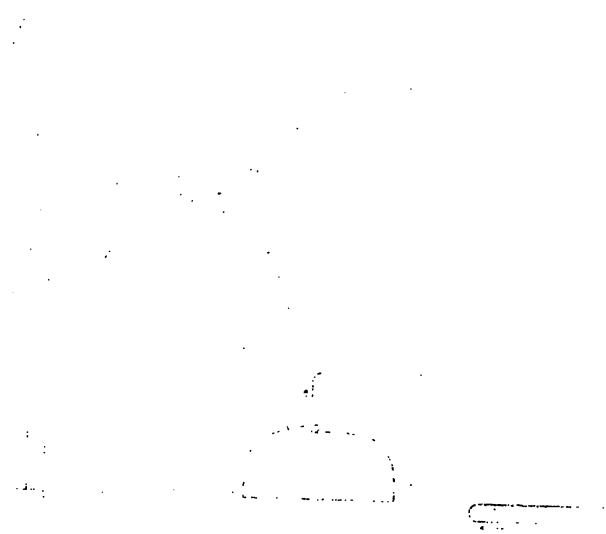


Fig. 10.^a

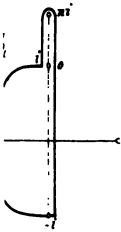


Fig. 10.^b

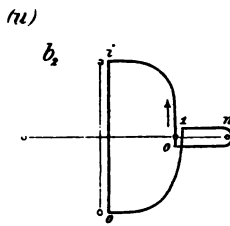


Fig. 10.^c

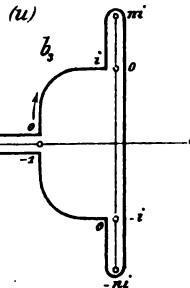


Fig. 10.^d

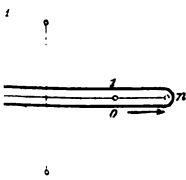


Fig. 10.^e

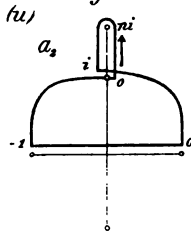


Fig. 10.^f

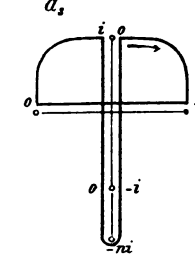


Fig. 11.^a

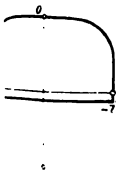


Fig. 11.^b

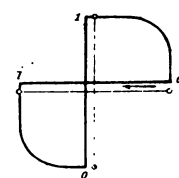


Fig. 11.^c

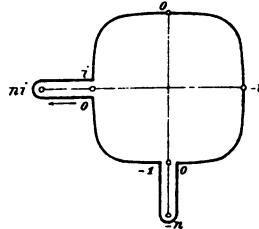


Fig. 11.^d

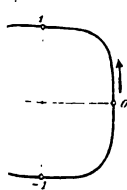


Fig. 11.^e

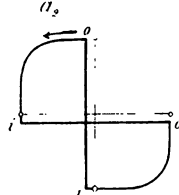
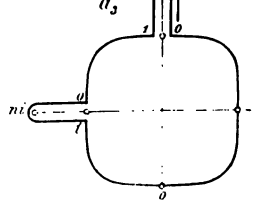
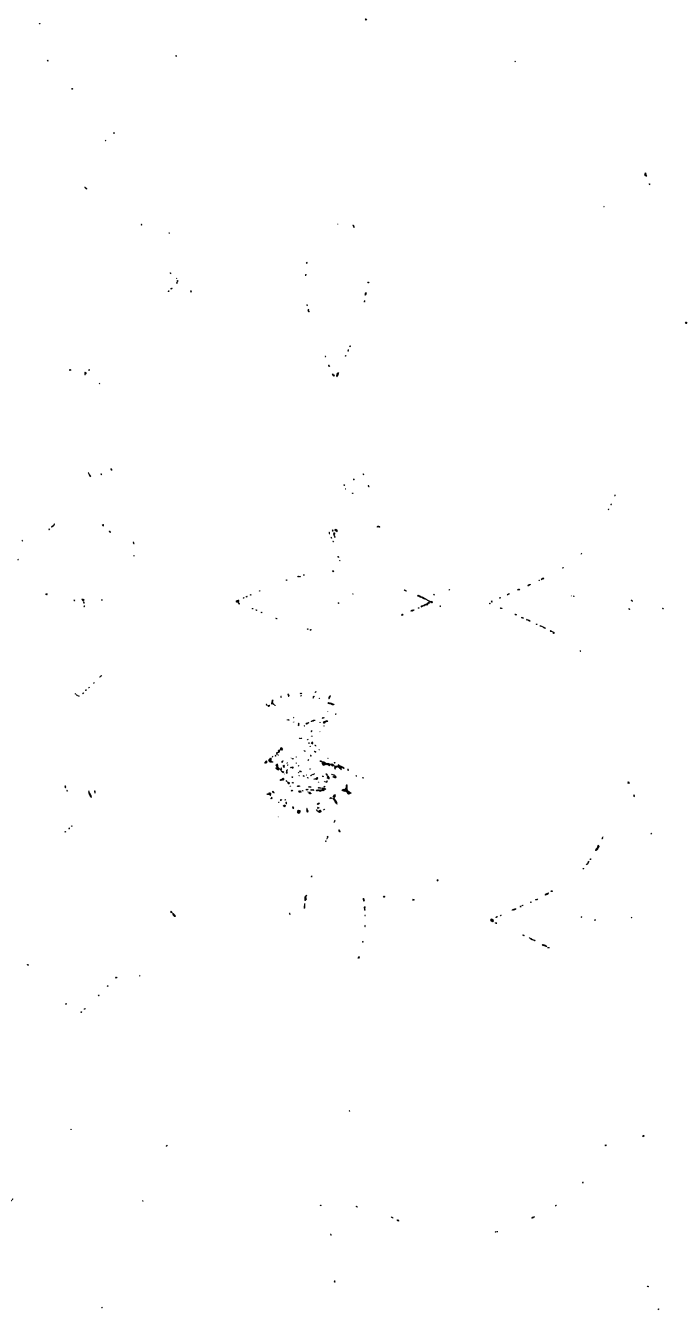
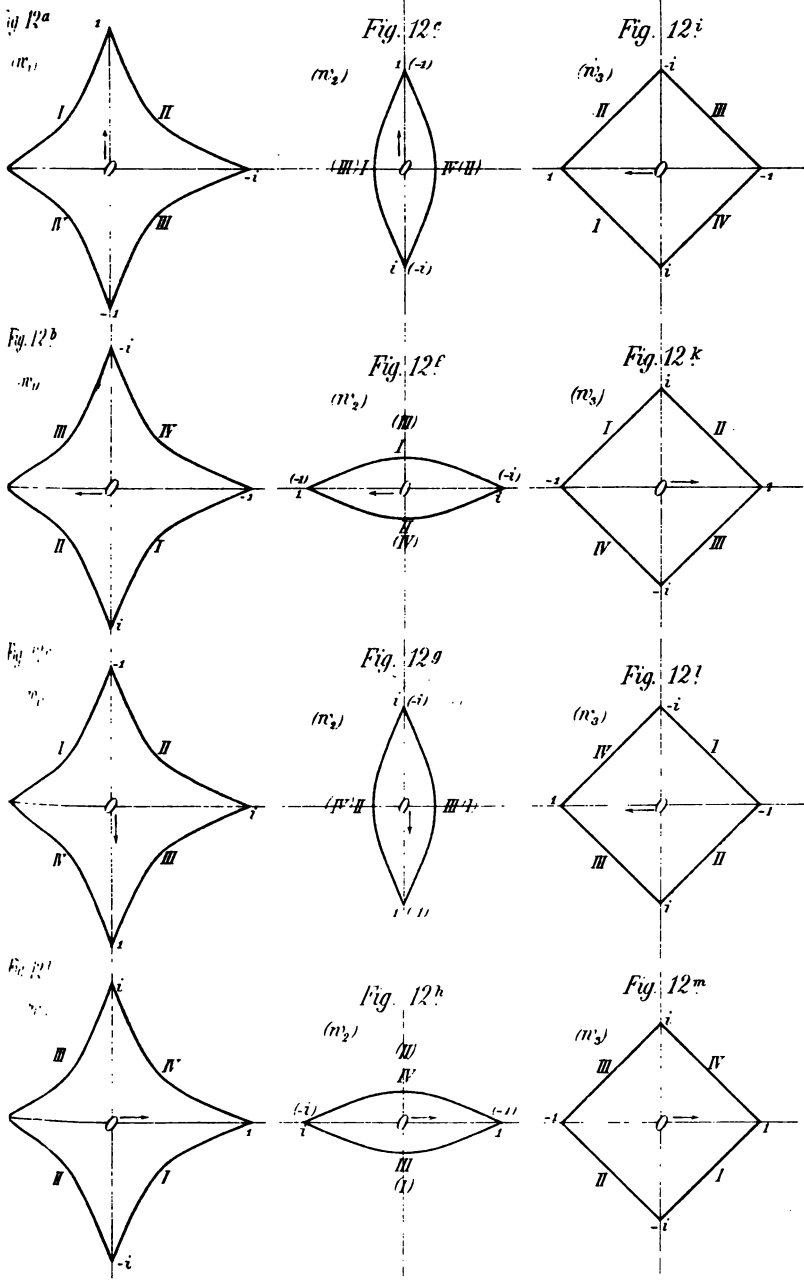


Fig. 11.^f









L'ÉBOULEMENT DU TAUREDUNUM

par SYLVIVS CHAVANNES

Les recherches importantes que Morlot et Troyon exécutèrent, il y a une quarantaine d'années, pour déterminer l'emplacement du Tauredunum, méritent d'être résumées encore une fois avant que la génération témoin des débats suscités par ces travaux ait disparu. Pour répondre à la demande qui nous a été faite à ce sujet par plusieurs membres de la Société vaudoise des sciences naturelles, nous avons rappelé nos souvenirs, consulté nos notes personnelles et celles qui nous ont été laissées par notre maître A. Morlot; nous allons exposer les arguments qui démontrent, à notre avis, que la catastrophe de l'an 563 de notre ère a eu lieu dans la plaine du Rhône, au pied du couloir des Evouettes.

Les plus anciens documents sont les récits donnés par Marius d'Avenches et Grégoire de Tours.

Voici le récit de Marius, évêque d'Avenches: « Sous le consulat de Basile, l'année 22, indiction XI, la grande montagne de Tauredunum, dans le territoire du Valais, tomba si subitement, qu'elle couvrit un château (castrum) dont elle était voisine et des villages avec tous leurs habitants; elle agita tellement le lac dans une longueur de LX milles et une largeur de XX milles, que, sorti de ses deux rives, il détruisit de très anciens villages avec hommes et troupeaux; il engloutit plusieurs lieux saints avec ceux qui les desservaient. Il entraîna avec furie le pont de Genève, les moulins et les hommes, et étant entré dans la cité de Genève, il y fit périr plusieurs personnes. »

Grégoire de Tours raconte « qu'un grand prodige arriva dans les Gaules au château de Tauredunum, qui était situé au dessus du fleuve du Rhône sur une montagne, laquelle, après avoir pendant plus de soixante jours produit un certain mugissement, se fendit et se détacha du mont voisin et tomba, avec hommes, églises, biens et maisons dans le fleuve.

» Le lit du fleuve étant ainsi obstrué, l'eau revint en arrière, car le lieu était enfermé des deux côtés entre des montagnes, par les gorges desquelles coule le torrent, et inondant la plage

» supérieure qui bordait le rivage, elle la couvrit et la détruisit.
 » Puis, ces eaux accumulées s'étant ouvert un passage en dessous, elles noyèrent les hommes à l'improviste, comme elles
 » avaient fait au-dessus, renversant les maisons, enlevant les
 » troupeaux et bouleversant ou entraînant, par une violente et
 » soudaine inondation, tout ce qui se trouvait sur ces rivages
 » jusqu'à la cité de Genève. Plusieurs rapportent que les eaux
 » s'accrurent à un tel point, qu'elles entrèrent dans la dite ville
 » par-dessus les murailles. Ce fait n'est point douteux, parce
 » que, comme nous l'avons dit, le Rhône coule dans cette contrée
 » entre les défilés des montagnes, et qu'étant exclu de son
 » lit ordinaire, il n'eut pas de place pour s'étendre sur les côtés
 » et qu'il entraîna le mont qui était tombé et détruisa tout de
 » cette manière.

» Après que cela fut fait, trente moines vinrent sur la place
 » où le château s'était écroulé et ayant creusé la terre qui était
 » restée au milieu des ruines de la montagne, ils y trouvèrent
 » du cuivre et du fer. Pendant qu'ils y travaillaient, ils entendirent
 » un mugissement de la montagne, comme précédemment;
 » mais, retenus par leur honteuse cupidité, la partie qui n'était
 » pas encore tombée s'écroula sur eux, les fit périr et les couvrit
 » tellement qu'on ne les retrouva plus. »

C'est sur ces anciennes chroniques que se sont basés les historiens et archéologues subséquents. Le principal, Frédéric de Gingins, dans un mémoire sur les antiquités du Valais, étudiait la question et plaçait le Tauredunum au Bois-Noir, en amont de St-Maurice. Là la vallée, déjà très resserrée, et bordée de part et d'autre par des rochers abrupts, paraît barrée par les immenses dépôts d'alluvion du torrent de St-Barthélemy, qui ont refoulé le Rhône jusqu'au pied des rochers de la rive droite. Pour un observateur superficiel, il pourrait sembler que l'on ait là les restes du grand barrage décrit par les chroniqueurs. Mais les alluvions du Bois-Noir sont un *cône torrentiel* normal, très développé et fortement incliné, présentant, il est vrai, sur certains points des blocs de dimensions considérables; cependant ces derniers ne sont que les restes de débâcles torrentielles plus violentes que les charriages ordinaires et ne sauraient être pris pour les débris directs d'un éboulement. Dans la formation des cônes torrentiels, il s'établit un équilibre entre les apports annuels moyens et les apports exceptionnels dus à de rares débâ-

cles ; cet équilibre se traduit par la distribution des matériaux dans la masse du cône et par l'inclinaison de la surface. La structure des cônes torrentiels et leur rôle dans la formation du sol des vallées ont été trop exactement étudiés pour que l'on puisse maintenant confondre les cônes et les éboulements.

Une autre circonstance empêche de placer au Bois-Noir le barrage du Tauredunum, c'est le trop grand éloignement du lac. A une pareille distance, les eaux faisant irruption auraient dû se répartir sur une trop grande surface avant d'arriver au lac et n'auraient pu produire les effets décrits.

Il fallait donc abandonner l'opinion de Frédéric de Gingins et de tous ceux qui jugeaient la question essentiellement d'après les documents historiques.

En mai 1843, Rodolphe Blanchet fut engagé à s'occuper de ce sujet par le fait que l'on découvrait près de Roche de grandes quantités de troncs d'arbres transformés en charbon et en lignite. Blanchet examina sur place ces gisements et constata que tous ces arbres étaient dirigés contre le pied de la montagne. Ils paraissaient avoir été déracinés par un courant d'air qui les aurait tous couchés dans cette direction. Blanchet fut également frappé par le nombre de petites collines qui sont parsemées sur la plaine du Rhône entre Chessel et Noville, et il se demanda si ce n'était pas là les restes d'un vaste éboulement et peut-être de celui du Tauredunum.

Plus tard, en 1851, la question fut reprise d'une manière scientifique par Troyon et Morlot. Ces deux savants explorèrent très en détail toute la contrée et consignèrent le résultat de leurs recherches dans une petite notice qui parut dans le Bulletin de 1853 de la Société des sciences naturelles. Entre 1851 et 1865, ces messieurs ne négligèrent aucune des occasions qui se présentaient pour faire de nouvelles constatations. A cette époque on travaillait beaucoup aux canaux destinés à recueillir les eaux et à assainir la plaine. On constata aux Evouettes et à Chessel une série très intéressante de collines que le canal dut traverser. Ces collines, hautes de 30-40 pieds au-dessus du Rhône, sont couvertes de bois et de végétation. Elles sont constituées intérieurement par des blocs éboulés. Venetz crut y voir des moraines, mais les tranchées que l'on pratiqua montrèrent avec évidence que l'on avait affaire à des monceaux d'éboulis bien caractérisés. La masse en est formée par des accumulations irrégulières de blocs brisés, contusionnés, en partie agglutinés

par un ciment argilo-calcaire, formé par la solidification de la poussière qui accompagne toujours un grand éboulement et qui est le produit de la trituration des matériaux pendant la chute. On observa une structure toute analogue sur plusieurs points de l'éboulement d'Elm. Les roches sont des calcaires jurassiques, identiques à ceux qui constituent le massif du Grammont.

L'ensemble de ces collines d'éboulis forme une bande irrégulière arquée qui s'étend, en longueur, de Chessel à Noville, et, en largeur, des Evouettes à Chambon.

Selon M. Morlot¹, « l'éboulement est parti de la sommité du » Grammont (Dérotchiaz), dominant le couloir des Evouettes, » par lequel il est descendu. Un quartier de montagne d'environ » 1000 pieds de puissance et situé entre 5 et 6000 pieds de hauteur au-dessus du Rhône, se détacha et glissa sur une surface » inclinée de 30 à 40° et vint se précipiter d'abord par-dessus » un escarpement d'environ 1000 pieds de hauteur situé dans » le couloir des Evouettes, et acquit ainsi une force d'impulsion » énorme. La masse lancée comme dans une coulisse, à la partie » inférieure du couloir, fut projetée sur la plaine du Rhône, » qu'elle couvrit de ses débris sur toute son étendue entre Noville, Chessel et Chambon. Le fleuve fut barré par elle et re- » flua jusqu'aux rochers de St-Triphon, en amont desquels se » trouve un dépôt formé par ce lac temporaire. La rupture de » la digue eut lieu à la Porte-du-Scex, là où elle avait le moins » de puissance. »

Le barrage fut complété : 1° par une seconde zone de collines qui enveloppe la première et qui a été formée par le refoulement du sol même de la vallée. Ces collines sont constituées par les anciennes alluvions du Rhône (sables et limon) dont les couches ont été relevées et plissées par l'immense pression latérale des masses éboulées.

2° Par les forêts ravagées et couchées par le vent de l'éboulement contre le pied de la montagne, aux environs de Roche.

Les effets du barrage sont dûment démontrés par les dépôts de limon qui recouvrent la plupart des collines. Sur plusieurs points, la superposition du limon, déposé horizontalement sur les couches inclinées des collines de refoulement, est des plus nettes; il en est de même sur d'autres points, où le limon a re-

¹ *Bulletin*, t. III, p. 281-286.

couvert les collines d'éboulis de la première zone. Ailleurs encore, comme à Noville, il s'est accumulé de grandes masses de limon qui ont complètement recouvert les portions les moins saillantes de l'éboulement. Partout ces limons du barrage renferment de nombreux squelettes d'hommes et d'animaux (cheval, vache, cochon, chèvre, mouton), victimes de la catastrophe. Il ne saurait être question de restes de sépultures, car les squelettes sont dans les positions les plus variées, comme ce doit être le cas pour des cadavres flottés et accumulés sur certains points par le tournoiement de l'eau. Les ossements humains présentent un beau type de crâne, que M. Rüttimeyer appelle le type de Sion; les mâchoires de cheval sont du type dit romain; les ossements de vache, très nombreux, appartiennent à une petite race; il en est de même des restes de cochon; tandis que des mâchoires de chèvre et de mouton trahissent des animaux de grande taille.

La partie de la montagne d'où s'est détaché l'éboulement est très facile à reconnaître, surtout des environs de Roche et d'Yverne. C'est un immense cirque de roches nues, entre le sommet de Grammont (ou Chaumény) et l'origine du ravin escarpé des Evouettes. On se rend très bien compte comment la masse a dû glisser sur les couches restées en place et fortement inclinées au sud-est. Ces couches portent encore à leur surface, sur les points préservés des érosions subséquentes, des stries profondes qui accusent nettement la direction du glissement. Autre chose des plus intéressante, ces mêmes couches portent, en outre, les traces du second éboulement signalé par Grégoire de Tours, sous forme de stries qui croisent obliquement les premières et qui, par leur direction, indiquent la position que doivent avoir occupée les masses du second éboulement.

Aux environs des Evouettes, on a retrouvé les restes de constructions anciennes d'où l'on a retiré une tête du Christ sculptée, en style byzantin bien caractérisé. On peut la voir au Musée cantonal, dans la salle Troyon.

On voit par ce qui précède que toutes les observations géologiques et archéologiques faites sur le terrain par MM. Troyon et Morlot, pendant une série d'années et avec la plus scrupuleuse exactitude, confirment d'une manière éclatante le récit des chroniqueurs et qu'ici l'histoire et la géologie se donnent le plus heureusement la main.

Un seul point peut encore rester sujet à interprétation. C'est celui des effets mécaniques causés par la catastrophe sur les rives du Léman. Le chroniqueur les attribue à la rupture du barrage et à l'invasion subite des eaux accumulées en amont.

Si l'existence du barrage et d'un petit lac temporaire, s'étendant de Chessel à St-Triphon, est incontestablement établie, il peut paraître fort douteux que la rupture du barrage ait été assez subite et l'écoulement de l'eau assez prompt pour avoir produit les effets décrits par la chronique. Nos connaissances actuelles sur les lois de l'hydraulique et les faits constatés lors des grands éboulements contemporains nous porteraient plutôt à croire que la perturbation du niveau du lac aurait été produite par l'immense courant d'air qui devait accompagner l'éboulement. Tout un ensemble de circonstances semble corroborer cette explication et autoriser à faire une distinction dans le récit de Grégoire entre deux faits que le chroniqueur donne comme simultanés et en rapport de cause à effet, tandis qu'ils auraient été distincts et séparés l'un de l'autre par un laps de temps plus ou moins long.

Tel est le résumé que nous avons présenté à la Société vaudoise des sciences naturelles dans sa séance du 2 mars 1887, en illustrant notre exposition par la présentation des cartes et plans levés par Morlot et des nombreux échantillons que nous avons nous-mêmes recueillis sur les lieux.

Espérons, comme on veut nous le promettre, que ces souvenirs provoqueront de nouvelles recherches sur cet intéressant problème de la part de ceux qui se plaisent à l'étude de la nature et de l'histoire de notre patrie.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à la Station météorologique du Champ-de-l'Air,

INSTITUT AGRICOLE DE LAUSANNE

I^{re} ANNÉE, 1887.XIV^{me} année des observations météorologiques de Lausanne.

TABLEAUX

rédigés par Henri DUFOUR, prof., chef du service météorologique.

Observateur : D. VALET.

Pl. XI et 12 tableaux.

L'année 1887 a amené des changements importants dans l'organisation des observations météorologiques de Lausanne. Après treize années de travaux continus, MM. J. Marguet et Hirzel, qui s'étaient si complètement dévoués pour soutenir et développer l'observatoire météorologique de Lausanne, ont dû renoncer à poursuivre cette tâche, qui ne pouvait plus être accomplie dans l'ancienne station de l'Asile des aveugles. En terminant cette première série de bonnes observations, MM. J. Marguet et Hirzel laissent dans le Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles, vol. XXII, n° 95, un résumé complet des résultats obtenus par eux sur le *Climat de Lausanne dans sa partie située au nord-ouest*. Ce résumé fixe, pour une période assez longue déjà, les éléments météorologiques de Lausanne.

Au moment où on pouvait craindre de voir disparaître la station météorologique de Lausanne, des circonstances favorables sont venues lui permettre de s'installer d'une manière qu'on peut espérer devoir être durable, et lui donner de nouvelles ressources. La création de la station centrale d'essais viticoles établie au Champ-de-l'Air, à côté des cours agricoles qui existent depuis nombre d'années, ont fait de cet ensemble un véritable Institut agricole, pour lequel une station météorologique était nécessaire. Aussi cette station prévue par l'autorité

supérieure a-t-elle pu entrer en activité dès le début de 1887; encore incomplète, il est vrai, elle peut donner pour l'année 1887 plus et moins à la fois que sa devancière. Tout fait espérer que les réductions nécessitées par l'apprentissage d'une première année ne dureront pas et que les nouvelles observations entreprises ne seront pas abandonnées.

Le travail que nous présentons aujourd'hui aux lecteurs du Bulletin comprendra les études suivantes :

- 1° Installations de la nouvelle station. Constantes topographiques et météorologiques. Comparaisons avec l'Asile.
- 2° Résumé des observations faites en 1887.

Installations météorologiques du Champ-de-l'Air. — Constantes. — Comparaisons climatologiques des deux stations.

Les éléments météorologiques observés actuellement au Champ-de-l'Air sont les suivants :

1° Température de l'air; 2° Pression atmosphérique; 3° Humidité relative; 4° Hauteur d'eau tombée; 5° Direction et vitesse du vent; 6° Température du sol; 7° Evaporation; 8° Heures de soleil; 9° Caractère général du temps.

Les heures d'observations sont celles adoptées dans toutes les stations suisses : 7 h. a. m.; 1 h. p. m.; 9 h. p. m. — Pendant l'année 1887, l'humidité relative, ainsi que la force et la direction du vent ont été observées seulement deux fois par jour : à 7 heures et à 1 heure. La température et la pression barométrique sont observées trois fois par jour; on note, en outre, les extrêmes.

Les bâtiments du Champ-de-l'Air affectés exclusivement au service de l'Institut agricole sont situés au NE de la ville de Lausanne, à une altitude de 555 mètres (altitude de la chambre dans laquelle se trouve le baromètre), latitude 46° 31', longitude est Greenwich 6° 38'. — Des prés en pente s'étendent au-dessous de la station jusqu'au quartier de Martheray d'une part et jusqu'à la route de la Solitude de l'autre.

Les abris météorologiques sont au SE des bâtiments, ils sont enfermés dans un enclos de 12 mètres de côté, le sol est gazonné et les cages des thermomètres sont de 1^m.50 à 2^m.0 les unes des autres et à 40 mètres environ des bâtiments les plus rapprochés.

L'air circule librement partout. Dans cet enclos sont placés : 1° Un grand abri en bois et en zinc verni en blanc et contenant les thermomètres à maximum et à minimum, l'hygromètre à cheveu de Kopp, l'évaporimètre de Wild; cet abri est librement ouvert au Nord, le toit est à double paroi inclinée au Sud. 2° Une pyramide triangulaire, dont l'arête regarde le Sud, la face Nord librement ouverte, contenant le thermomètre sec et le thermomètre mouillé. 3° Une cage à doubles jalousies, toit à double paroi, ouverte aussi au Nord. Elle contient un thermomètre enregistreur de Richard frères, à Paris, et un thermomètre ordinaire de station divisé en $\frac{1}{5}$ de degré centigrade. 4° Le pluviomètre est placé sur une tablette située au SW, à l'altitude de 48^m.70. On trouve encore dans cet enclos 3 thermomètres à mercure, à échelles divisées en $\frac{1}{5}$ de degré et dont les tiges ont des longueurs de 1^m, 0^m.50, 0^m.25. Ces instruments sont enfoncés dans le sol, la tige de chacun d'eux est protégée par un fort tube en bois goudronné, la boule du thermomètre est entourée d'un petit étui en fer rempli de mercure. Le thermomètre, plongeant à un mètre, pénètre dans le sous-sol de molasse, les deux autres sont dans la terre arable.

Au Nord-Ouest de l'enclos, dans le jardin qui s'étend à côté du bâtiment, on a construit une tour en fer de 9 mètres de hauteur, le sommet en est donc à environ 565 mètres. Sur cette tour sont placés la girouette, modèle ordinaire des stations suisses, et un anémomètre de Robinson, dont les dimensions sont telles que chaque tour du moulinet correspond à 5 mètres de vent parcouru; l'instrument est muni d'un compteur de tours et d'un contact électrique pour l'enregistrement. Le bas de la tour est occupé par une chambre dans laquelle seront placés divers enregistreurs. Il n'y a, pour le moment, qu'un enregistreur de la vitesse du vent.

Le baromètre est placé dans une des pièces de l'appartement du concierge, la cuvette est à 555.80 mètres; c'est un instrument identique à celui qui existait à l'Asile, modèle ordinairement employé dans les stations suisses. — Un baromètre enregistreur de Richard frères donne les extrêmes de la pression et permet de déterminer à chaque instant la valeur de la pression atmosphérique avec une exactitude suffisante s'il est contrôlé chaque jour, comme c'est le cas, par trois observations directes.

L'observation des heures de soleil se fait au moyen du *Sunshine recorder* de Campbell, qui fonctionne dans plusieurs stations

suisses; cet appareil est placé sur le toit de la maison n° 19 de la Caroline (Clos-Lilas), à la même altitude sensiblement que les cages des thermomètres; l'horizon de cet observatoire est entièrement découvert.

Résumé des observations pour l'année 1887.

Les observations pour l'année 1887 sont résumées dans les tableaux suivants (p. 188 et suiv.), dont la forme est la même que celle adoptée pour les observations de l'Asile. Nous les ferons précéder seulement du tableau des constantes météorologiques terminées à l'Asile d'après les 13 années d'observations faites par MM. J. Marguet et Hirzel et des réductions que ces observations doivent théoriquement subir pour être ramenées à l'altitude de Champ-de-l'Air. Nous donnons ensuite les principaux éléments caractéristiques de l'année 1887.

Observations météorologiques de l'Asile, 1874-1886.

Température 9°6. Pression atmosphérique 717.1. Humidité relative 78.3.

Hauteur d'eau tombée 1038.2. Nombre de jours de chute 14.2. Extrêmes de la température — 14.2 le 9 décembre 1879; 24.2 le 19 juillet 1881.

Extrêmes de la pression 691.1 en 1875; 734.9 en 1883.

Jours de gel, moyenne, 50.5; jours de non-dégel, moyenne, 22.7. Clarté moyenne du ciel 6.8 (10 = entièrement couvert, 0 sans nuages).

Le déplacement du baromètre s'élevant de 508 à 555 mètres donne, pour la hauteur normale de cet instrument dans la nouvelle station, les valeurs suivantes :

Janvier 715.4; février 713.7; mars 712.1; avril 709.9; mai 712.9; juin 712.9; juillet 714.3; août 713.6; septembre 714.2; octobre 712.7; novembre 712.5; décembre 712.7. — Moyenne 712.9.

La détermination de la différence de température normale entre les deux stations, déduite de leur différence d'altitude, a été établie de la manière suivante :

D'après la série des observations faites à l'Asile de 1874 à 1886, la température moyenne de cette station est 9°6; pendant la même période, la température à Genève était 9°57. D'autre part, en comparant la température des 13 années 1874 à 1886

Genève avec la température des 50 années 1826 à 1875, qui est 9°.31, on voit que la température moyenne pendant la période 1874-1886 a été de 0°.26 plus élevée que celle qui résulte des 50 années qui précèdent. La température moyenne de Lausanne pendant ces 13 ans étant à 0°.03 identique à celle de Genève, nous pouvons appliquer la même correction et nous obtiendrons ainsi pour la *température moyenne annuelle probable* de l'Asile 9°.34¹.

Le thermomètre normal du Champ-de-l'Air est celui qui a servi à l'Asile pour les observations quotidiennes de la température jusqu'au 31 décembre 1886; la boule de ce thermomètre est à l'altitude de 549 mètres, c'est-à-dire 41 mètres plus haut que l'Asile. Le décroissement de température pour les divers mois est, d'après le travail de M. Hirsch², pour 100 mètres, le suivant:

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
	0.30	0.53	0.67	0.62	0.71	0.75
Juillet	0.70	0.66	0.57	0.59	0.59	0.30
Octobre						
Novembre						
Décembre						

Il en résulte, pour la *température probable* à l'altitude du Champ-de-l'Air pour les divers mois, les valeurs suivantes:

Janvier	+ 0.06	Avril	8.79	Juillet	18.39	Octobre	9.25
Février	2.32	Mai	12.19	Août	17.91	Novembre	4.47
Mars	4.64	Juin	15.99	Sept.	14.46	Décembre	0.85

et pour la *température moyenne probable* de l'année:

$$9°.34 - 0.23 = 9°.11.$$

Cette valeur est celle de la température calculée par la formule $\frac{7+1+9}{3}$, c'est-à-dire en faisant la somme des températures observées à 7 h. du matin, à 1 h. après midi et à 9 h. du soir. Ce procédé pour établir la moyenne diurne donne des valeurs un peu trop élevées, par le fait que deux des observations appartiennent au jour et une seule à la nuit; aussi a-t-on re-

¹ Lorsque Genève possèdera 75 ans d'observations, on pourra établir d'une façon plus exacte la température probable de Lausanne en comparant ses 25 années d'observations avec celles de Genève.

² Hirsch. Die Temperaturabnahme mit der Höhe in der Schweiz. Schweizerische meteorologische Beobachtungen, VI. Jahrgang. Beilagen.

connu qu'il y avait avantage à calculer la moyenne mensuelle en combinant les trois observations diurnes comme suit :

$$\frac{7+1+9+9}{4}, \text{ c'est-à-dire en donnant à l'observation à } 9 \text{ h. une valeur double. Le tableau suivant donne, pour l'année } 1887, \text{ les températures moyennes des divers mois calculées par les deux procédés :}$$

	$\frac{7+1+9}{3}$	$\frac{7+1+9+9}{4}$		$\frac{7+1+9}{3}$	$\frac{7+1+9}{4}$
Janvier . . .	— 2.4	— 2.4	Juillet . . .	20.7	20
Février . . .	— 0.7	— 1.0	Août . . .	17.8	17
Mars . . .	+ 1.8	+ 1.6	Novembre .	13.5	13
Avril . . .	+ 8.4	+ 8.1	Octobre .	6.0	5
Mai . . .	+ 10.6	+ 10.4	Novembre .	3.5	3
Juin . . .	+ 18.2	17.8	Décembre .	— 0.3	— 0

La température moyenne de l'année est, calculée par l'ancien procédé, $\frac{7+1+9}{3} = 8^{\circ}.1$, tandis qu'elle est de $7^{\circ}.9$ si on

calcule par le nouveau procédé ; c'est une différence de $0^{\circ}.2$ environ. Pour pouvoir comparer l'année 1887 aux années précédentes, il faut calculer sa valeur comme elle l'a été jusqu'ici c'est-à-dire prendre le chiffre $8^{\circ}.1$. C'est-à-dire que la température de 1887 est de 1° plus basse que la moyenne établie pour Lausanne ; cette année ressemble, par sa basse température moyenne, à l'année 1879, dont la température était $7^{\circ}.8$; mais la cause de cette anomalie est tout autre en 1887 qu'en 1879 : en effet, si on examine les températures des divers mois, on voit que 1887 a été une année froide dans tous les mois, sauf deux. On trouve que les températures moyennes des divers mois sont toutes au-dessous de la moyenne, à l'exception des mois de juin et de juillet, qui présentent tous deux une anomalie positive assez considérable. En 1879, les mois d'avril, de mai, de juillet, d'octobre et surtout de novembre et de décembre, ce dernier exceptionnellement froid, sont au-dessous de la moyenne. L'année 1887 comptera parmi les années les plus froides de la série 1874-1887.

L'année 1887 est une année sèche, en ce sens que la chute d'eau a été relativement faible ; la valeur moyenne de hauteur d'eau tombée est à Lausanne de $1038^{\text{mm}}.2$ d'après la série des 13 années ; en 1887, les chutes aqueuses donnent une couche d'eau de $806^{\text{mm}}.5$; les mois secs sont : janvier, février, juin, juillet, septem

bre, octobre et novembre; le mois de février, en particulier, a été exceptionnellement sec, il est tombé seulement 1^{mm}5 d'eau, tandis que la normale de ce mois est de 53^{mm}6. Par ce caractère de sécheresse, 1887 se rapproche beaucoup de 1874, année pendant laquelle il était tombé 809^{mm}3 d'eau.

Le nombre des jours de chute de pluie ou de neige est en 1887 de 135, le nombre moyen est de 151.

Depuis l'année 1886, des observations régulières sur le nombre des heures de soleil ont été faites à Lausanne au moyen du *Sunshine recorder*, de Campbell, dont le Bureau central de Zurich nous a facilité l'acquisition; les observations ont commencé en février 1886 et ont donné les résultats suivants:

Heures de soleil en heures et dixièmes d'heure.

	1886.	1887.
Janvier	—	35.5
Février	66.3	162.5
Mars	179.3	108.3
Avril	161.2	198.5
Mai	260.8	147.0
Juin	177.4	325.3
Juillet	291.9	268.3
Août	241.2	270.5
Septembre	212.3	200.2
Octobre	98.4	143.0
Novembre	100.9	81.7
Décembre	49.1	83.2
	1838.8	2023.0

En déduisant de l'année 1887 les 35.5 heures de janvier, on voit que l'insolation a été de février à décembre de 1838.8 heures en 1886 et de 1987.5 heures en 1887.

Des observations semblables ont été faites dans les villes de Davos, Lugano, Zurich et Bâle en 1886; les résultats sont les suivants:

	Nombre d'heures de soleil en 1886.
Davos	1769
Lugano	2216
Bâle	1767
Zurich	1705
Lausanne	1878

Nous avons supposé, en adoptant le chiffre 1878 pour l'insolation de 40 heures de soleil en janvier 1886 à Lausanne; le nombre d'heures ayant été de 36.6 à Bâle et de 43.2 à Zurich.

Si on détermine le nombre moyen des heures de soleil par jour on trouve, pour Lausanne, dans les différents mois :

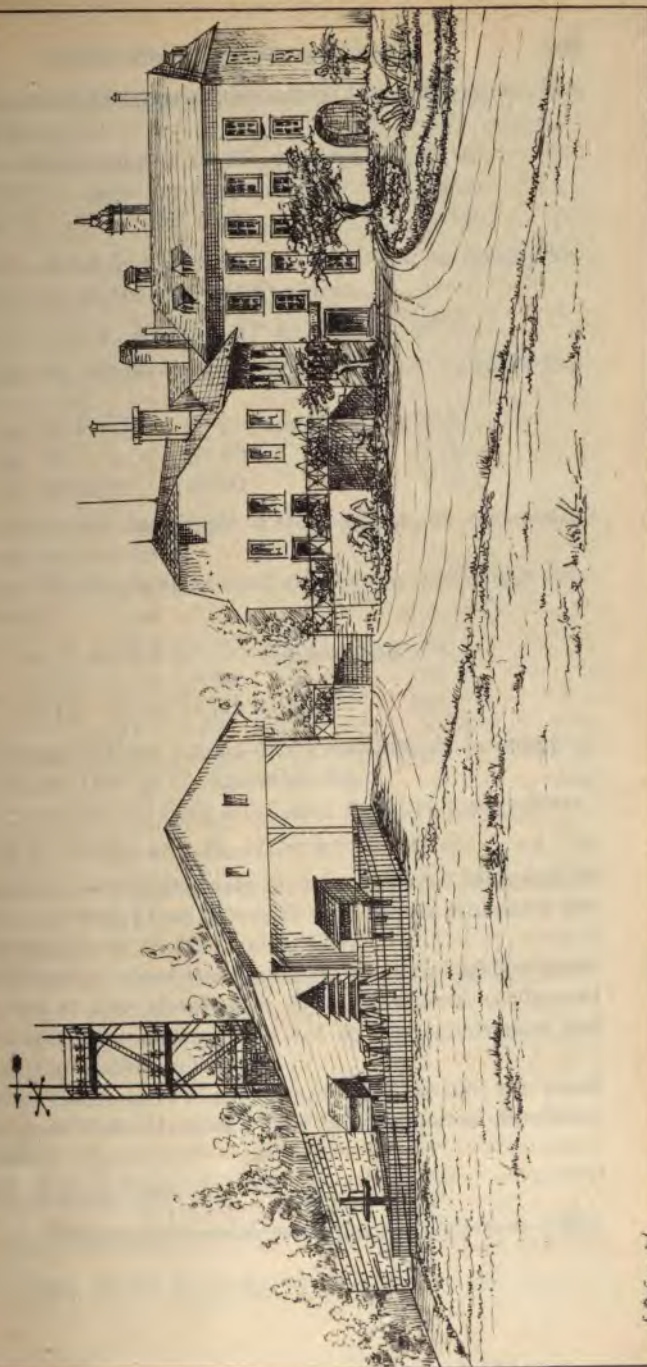
	1886.	1887.
Janvier	1.29?	1.15
Février	2.36	5.80
Mars	5.78	3.50
Avril	5.37	6.60
Mai	8.41	4.74
Juin	5.91	10.80
Juillet	9.42	8.65
Août	7.78	8.70
Septembre	7.08	6.66
Octobre	3.17	4.61
Novembre	3.36	2.72
Décembre	1.58	2.68
Moyenne	5.12	5.55

La clarté moyenne de janvier 1886 a été calculée en supposant 40 heures de soleil dans ce mois. On voit que l'insolation de 1887 est supérieure quant au nombre d'heures de soleil à celle de 1886.

Enfin, parmi les observations spéciales à la station du Climat de l'Air, nous devons signaler celles de la température du sol vu l'importance qu'elles ont pour l'agriculture. Ces observations ont été commencées en avril avec les appareils décrits précédemment; les lectures sont faites deux fois par semaine. Le compte-rendu de ces observations est résumé dans les Observations météorologiques de l'Institut agricole. Nous relèverons ici les faits suivants. La température du sol suit avec retard, comme chacun le sait, celle de l'air; en été, la température de la surface est plus élevée que celle de la profondeur; en hiver, c'est l'inverse; il en résulte qu'il y a deux époques dans l'année dans lesquelles la température est sensiblement la même pour les trois thermomètres.

En 1886, l'époque du commencement de l'été pour le sol est venue avant le 4 avril, car à cette date les températures étaient

à 1^m., 8°; à 0^m.50, 10°.3; à 0^m.25, 11°.3.





Les maximum de la température ont eu lieu, cette année, aux dates suivantes :

Le 2 septembre	à 0 ^m .25,	température	21°.8.
»	»	à 0 ^m .50	» 21°.4.
Le 15	»	à 1 ^m .00	» 19°.4.

Le commencement du régime d'hiver a eu lieu au commencement d'octobre, la température était alors :

à 1^m., 16°.4 ; à 0^m.50, 17°.4 ; à 0^m.25, 16°.4.

Les minima de température sont arrivés aux époques suivantes :

Le 18 février	à 0 ^m .25,	température	0°.9.
Le 25	»	à 0 ^m .50	» 1°.4.
Le 2 mars	à 1 ^m .00	»	1°.8.

Le commencement du régime d'été a eu lieu au commencement du mois de mars 1887.

Les maxima de température sont arrivés, en 1887, aux époques suivantes :

Le 9 août	à 0 ^m .25,	température	0°0.
Le 10	»	à 0 ^m .50	» 0°0.
Le 12	»	à 1 ^m .00	» 0°0.

Enfin le régime d'hiver, c'est-à-dire l'inversion de la température, a eu lieu en 1887 le 13 septembre déjà.

La température du sol était alors aux diverses profondeurs :

à 1^m., 17°.4 ; à 0^m.50, 17°.8 ; à 0^m.25, 17°.8.

Si on compare les températures du sol à la fin des deux années 1886 et 1887, on trouve que la température du sol était de 1 degré environ plus basse en 1887 qu'en 1886.

A ces observations viendront s'ajouter, si les recherches poursuivies en 1887 et 1888 aboutissent, des observations sur les variations de l'état hygrométrique du sol et l'enregistrement des variations de l'humidité de l'air.

Les mesures faites en 1886 sur l'évaporation ne sont pas assez nombreuses pour être résumées, elles ont été faites régulièrement en 1888.

Lausanne, octobre 1888.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de JANVIER 1887.

Observateur : D. VA

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.	Moy.
1	-6,8	-4,9	-6,3	-6,0	-4,6	-6,8	713,9	713,6	712,6	712,7
2	-6,1	-4,7	-6,3	-5,7	-4,4	-6,8	12,1	13,2	13,9	13,0
3	-5,7	-3,7	-5,3	-5,0	-3,6	-6,8	15,1	14,7	12,5	14,1
4	-6,3	-4,2	-3,8	-4,8	-3,5	-7,3	05,9	01,8	03,5	03,4
5	-4,0	-1,2	0,7	-1,7	1,0	-4,8	02,1	696,6	697,8	696,1
6	-0,3	-0,3	-0,8	-0,5	0,0	-2,3	696,1	96,8	99,0	98,0
7	-1,3	2,1	0,1	0,3	2,4	-2,3	96,2	96,6	98,0	96,3
8	-1,1	3,2	1,1	1,1	—	-2,8	98,6	99,2	96,6	98,1
9	-1,3	1,9	-3,3	-0,9	2,6	-1,3	98,6	703,4	706,7	703,2
10	-2,9	0,9	-2,8	-1,6	2,0	-4,3	709,5	09,9	11,5	10,6
11	-2,7	1,0	-4,9	-2,2	2,3	-3,8	13,9	14,9	17,6	15,5
12	-2,5	0,7	-3,9	-1,9	1,0	-5,3	19,1	19,8	19,9	19,6
13	-1,9	-1,9	-4,5	-2,8	-1,6	-5,3	19,8	18,8	18,3	19,0
14	-4,7	-4,3	-7,3	-5,4	-3,5	-5,5	16,9	16,0	16,3	16,4
15	-8,7	-7,5	-7,7	-8,0	-7,2	-8,7	15,3	14,0	13,8	14,4
16	-6,9	-4,3	-5,9	-5,7	-3,5	-8,5	11,4	11,2	12,9	11,8
17	-4,7	-1,4	-5,6	-3,9	-1,3	-5,8	13,9	14,6	17,3	15,6
18	-6,3	-0,1	-3,0	-3,1	0,5	-6,5	18,3	18,7	20,1	19,0
19	-1,7	1,8	0,2	0,1	2,3	-4,8	20,6	21,4	23,3	21,4
20	0,8	4,8	2,7	2,8	5,3	-2,0	20,2	19,7	23,2	21,0
21	2,2	3,8	1,2	2,4	4,3	-1,0	25,3	27,5	29,4	27,4
22	0,3	3,9	-2,4	0,6	3,9	0,1	28,8	27,7	26,4	27,4
23	-2,9	1,7	-2,3	-1,2	3,2	-3,5	25,2	24,5	24,1	24,6
24	-4,8	-1,1	-2,1	-2,7	-0,8	-5,1	22,8	22,6	23,4	22,9
25	-2,1	-0,7	-2,0	-1,6	1,8	-5,3	24,0	24,5	25,6	24,7
26	-1,7	-0,3	-1,5	-1,2	0,0	-2,4	26,5	27,2	27,5	27,4
27	-1,8	-1,5	-2,0	-1,8	-1,2	-2,0	26,8	26,8	26,6	26,7
28	-1,5	-1,0	-1,8	-1,4	-0,7	-2,2	27,0	27,1	28,1	27,7
29	-3,8	-1,1	-3,0	-2,6	-0,8	-4,1	27,0	26,6	26,4	26,7
30	-3,2	-1,8	-3,6	-2,9	-1,4	-4,1	25,6	25,3	25,1	25,3
31	-2,1	-1,3	-2,2	-1,9	-1,1	-4,3	23,7	23,3	22,9	23,3
Moy.	-3,1	-0,7	-2,8	-2,2	—	—	716,1	716,1	716,8	716,3

Vents . . .	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Cal.
Fréquence .	15	13	2	3	1	13	1	14	1
Vitesse . .	5.0	10.9	2.3	3.7	1.5	3.7	0.0	2.7	

Extrêmes de température : - 8°.7 le 15; + 5°.3 le 20.

Extrêmes de pression : 729.4 le 21, à 9 h. pm.; 696.1 le 6 à 7 h. am.

Nombre de jours de non-dégel : 15. Nombre de jours de gelée : 30. Nombre de jours au-dessous de 0° : 25.

Périodes de froid continu : du 1^{er} au 4, 4 jours; du 13 au 17, 5 jours; du 27 au 31, 5 jours.

Vent : Observations de 7 h. et de 1 h. Brouillards du 26 au 31.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

α. 38'. G. β. 46°. 31'. H. 555,8. h. 1^m. 10. H'. 549.

mid. relative		Pluie mm.	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS			Date.
h.	1 h.				CARACTÈRE DU TEMPS			
—	—	—	3,0	—	Cl.	N.	Co.	1
—	—	—	1,0	—	N.	Co.	Co.	2
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	3
—	—	2,0	—	—	Co.	Co.	Co.	4
—	—	—	—	—	N.	Co.	Co.	5
—	—	4,0	0,1	—	Co.	Co.	N.	6
—	—	16,0	2,2	—	N.	N.	Co.	7
—	—	2,5	4,1	—	N.	N.	Co.	8
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	9
—	—	—	—	—	B.	N.	Cl.	10
—	—	—	4,2	—	Cl.	Cl.	Co.	11
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	12
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	13
—	—	—	1,2	—	Co.	N.	Co.	14
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	15
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	16
—	—	0,5	—	—	Co.	Co.	Co.	17
—	—	—	—	—	N.	N.	Co.	18
—	—	—	—	—	N.	Co.	Co.	19
—	—	—	0,1	—	Co.	N.	Cl.	20
—	—	—	1,2	—	N.	N.	Cl.	21
—	—	—	6,2	—	N.	Cl.	Cl.	22
—	—	—	6,0	—	N.	Cl.	Co.	23
—	—	—	—	—	B.	Co.	Co.	24
—	—	—	1,0	—	Co.	Co.	Co.	25
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	26
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	27
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	28
—	—	—	—	—	N.	Co.	Co.	29
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	30
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	31
—	—	25,0	35,2	—				Moy.

Dates :		2.	4.	7.	11.	14.	18.	21.	23.	25.	28.	30.
mpé- ture sol.	1 ^m	4.2	4.0	3.8	3.5	3.3	3.1	3.0	2.8	2.8	2.6	2.5
	0 ^m .5	3.5	3.4	3.0	3.0	2.8	2.2	2.4	2.2	2.2	2.2	2.2
	0 ^m .25	2.8	2.5	2.5	2.2	2.0	1.6	1.6	1.7	1.6	1.8	1.6

mbre de jours de neige 5. Nombre de jours de brouillard continu 5.

16 il y avait 37 cm. de neige sur le sol; la température de la neige était —5°.5 à la surface et 0° sur le sol.

s heures de soleil sont exprimées en heures et quart d'heures, ainsi 6.2 signifie 6 heures et demie.

ractère du temps: Cl. = clair; N. = nuageux; Co. = couvert; B = brumeux. Somme des heures de soleil = 35¹/₂; soit 13 % du maximum.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de FÉVRIER 1887.

Observateur : D. V.

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zér		
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.
1	— 2,6	1,1	— 0,3	— 0,6	1,9	— 3,0	720,1	719,9	719,4
2	0,3	3,9	1,3	1,8	6,3	—	18,5	18,7	21,1
3	1,9	7,2	1,9	3,7	8,0	— 0,4	24,0	25,6	26,7
4	— 0,5	6,7	— 0,8	1,8	7,4	— 0,8	28,1	27,9	28,1
5	— 2,2	6,7	— 0,3	1,4	8,2	— 3,1	28,5	28,6	28,6
6	— 2,7	5,6	2,1	1,7	7,8	— 3,0	27,5	25,7	24,2
7	0,7	2,5	— 2,6	0,2	2,8	0,7	22,4	22,5	22,5
8	— 6,4	— 1,7	— 5,1	— 4,4	— 0,2	— 6,5	20,0	20,9	20,6
9	— 7,9	— 4,6	— 8,1	— 6,9	— 4,0	— 8,0	18,2	16,7	16,0
10	— 10,4	— 3,5	— 8,4	— 7,4	— 1,0	— 11,0	14,9	16,4	16,9
11	— 9,1	0,9	— 4,3	— 4,2	2,5	— 10,4	16,4	17,2	18,7
12	— 4,3	1,8	— 2,0	— 1,5	6,0	— 9,0	16,4	16,9	18,7
13	— 4,1	2,4	— 3,0	— 1,6	4,5	— 4,5	18,0	17,6	17,7
14	— 2,9	— 0,3	— 2,5	— 1,9	1,0	— 4,5	16,4	14,8	15,3
15	— 3,3	1,3	— 2,6	— 1,5	1,3	— 3,3	15,7	16,3	17,6
16	— 3,7	— 1,9	— 6,4	— 4,0	— 1,0	— 4,0	17,3	18,0	19,1
17	— 6,9	— 6,3	— 8,5	— 7,2	— 4,5	— 7,0	18,3	18,5	17,4
18	— 8,5	— 2,3	— 6,0	— 5,6	0,0	— 9,5	16,2	14,5	15,3
19	— 4,8	0,2	— 0,8	— 1,8	3,0	— 7,0	14,5	13,7	14,0
20	— 1,1	1,6	0,0	0,2	4,0	— 1,1	13,1	13,4	14,8
21	— 2,1	2,9	— 1,6	— 0,3	6,0	— 2,1	15,1	15,4	16,7
22	— 3,5	4,7	— 1,3	0,0	6,0	— 4,0	17,9	19,3	20,3
23	— 3,1	6,7	0,4	1,3	8,0	— 3,1	21,8	22,3	23,1
24	— 1,8	9,1	2,5	3,3	10,0	— 2,3	23,4	22,5	22,8
25	1,6	10,0	4,3	5,3	13,0	0,0	22,6	22,3	23,0
26	4,5	7,7	3,9	5,4	8,0	4,0	23,9	23,0	23,1
27	— 0,9	4,5	0,6	1,4	6,5	— 1,0	23,1	23,9	24,3
28	— 0,7	5,1	0,2	1,5	7,0	— 0,7	25,1	26,5	27,9
Moy.	— 3,0	+ 2,6	— 1,8	— 0,7			719,9	720,0	720,5

Vents . . .	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Ca
Fréquence . .	15	19	4	10	7	0	1	0	
Vitesse . . .	6.6	21.0	3.3	3.1	3.9	0	9.0	0	

Extrêmes de température : + 13°.0 le 25 ; — 11°.0 le 10.

Extrêmes de pression : 728,6 le 5, de 1 à 9 h. pm. ; 713,1 le 20, à 7 h

Nombre de jours de non-dégel 5 ; nombre de jours de gelée 24 ; nomb
jours au-dessous de 0° 14.

Périodes de froid continu du 8-10, 3 jours ; du 16 au 17, 2 jours.

Vent : Observations de 7 h. am. et 1 h. pm.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

48° 38' G. 46° 31' H. 555.8. h. 1^m.10. H'. 549.

mid. relative		Pluie mm.	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS			Date.
h.	1 h.							
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Cl.	1
—	—	0,5	0,2	—	Cl.	Co.	Cl.	2
—	—	—	4,3	—	N.	Cl.	Cl.	3
—	—	—	9,0	—	Cl.	Cl.	Cl.	4
—	—	—	9,0	—	Cl.	Cl.	Cl.	5
—	—	0,5	6,1	—	Cl.	Cl.	Co.	6
—	—	—	8,0	—	Cl.	Cl.	Cl.	7
—	—	—	9,2	—	Cl.	Cl.	Cl.	8
—	—	—	9,1	—	Cl.	Cl.	Cl.	9
—	—	—	8,1	—	Cl.	Cl.	Cl.	10
—	—	—	9,1	—	Cl.	Cl.	Cl.	11
—	—	—	6,0	—	Cl.	N.	Cl.	12
—	—	—	4,1	—	N.	Cl.	N.	13
00	77	—	—	—	Co.	Co.	Co.	14
05	82	—	—	—	Co.	Co.	Co.	15
10	72	—	0,2	—	Co.	N.	Cl.	16
15	80	—	1,3	—	Co.	N.	Cl.	17
20	53	—	6,1	—	N.	Cl.	Cl.	18
25	68	—	1,1	—	N.	Co.	Co.	19
30	90	0,5	0,	—	Co.	Co.	Co.	20
35	52	—	7,0	—	Cl.	Cl.	Cl.	21
40	64	—	5,3	—	Cl.	Cl.	Cl.	22
45	62	—	9,2	—	Cl.	Cl.	Cl.	23
50	67	—	10,0	—	Cl.	Cl.	Cl.	24
55	62	—	9,1	—	Cl.	Cl.	Co.	25
60	66	—	8,2	—	N.	Cl.	Cl.	26
65	65	—	9,1	—	Cl.	Cl.	Cl.	27
70	69	—	9,	—	Cl.	Cl.	Cl.	28
4	68.6	1,5	162,2	—				Moy.

		Dates : 1 ^{er} 4. 8. 11. 14. 18. 22. 25.							
température du sol	1 ^m	2,6	2,6	2,5	2,2	1,8	1,8	1,8	1,8
	0 ^m .5	2,2	2,5	2,4	1,9	1,4	1,4	1,4	1,4
	0 ^m .25	1,8	2,1	1,8	1,2	0,9	0,9	1,0	1,0

neige est tombée deux jours, il y a eu 9 fois gelée blanche.

minimum de température du sol 0°.9 à 0^m.25 du 14 au 18; minimum 1°.4 à 0^m.5 du 22 au 25.

les heures de soleil sont exprimées en heures et quart d'heures, ainsi 9.2 signifie neuf heures et demie.

somme des heures de soleil 162½, soit 58 % du maximum.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de MARS 1887.

Observateur: D. V

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.	Moy.
1	1,1	7,2	2,6	3,6	6,0	-1,1	727,1	725,8	725,6	
2	-0,3	6,5	-0,2	2,0	8,0	-1,0	25,4	25,7	25,8	
3	-1,5	3,4	-0,2	1,7	6,0	-2,0	25,6	25,1	24,9	
4	-0,9	6,1	1,7	2,3	9,0	-1,5	23,8	22,0	20,1	
5	-0,3	5,0	0,3	1,6	7,0	-1,0	17,6	16,8	15,5	
6	0,4	3,9	—	2,1	6,0	—	15,0	14,4	—	
7	0,3	2,8	0,6	1,2	6,5	0,2	—	16,5	16,8	
8	-1,1	5,9	3,7	2,8	8,0	-1,5	17,5	17,8	16,6	
9	3,5	10,5	8,4	7,4	14,0	1,3	16,1	15,0	14,8	
10	5,6	8,1	6,0	6,6	9,5	5,5	13,2	13,3	12,8	
11	4,6	7,5	5,0	5,7	11,0	4,4	12,0	11,4	11,3	
12	4,9	12,3	8,1	8,4	13,5	4,7	10,3	09,8	08,3	
13	2,8	-4,4	-6,0	-2,5	3,0	2,2	07,8	08,5	08,1	
14	-6,7	-4,7	-6,5	-5,9	-4,0	-7,3	06,0	06,5	07,0	
15	-7,7	-4,7	-6,7	-6,4	-3,3	-8,5	05,5	05,4	04,6	
16	-5,4	-3,1	-5,5	-4,7	-1,5	-6,3	02,0	02,6	04,8	
17	-6,1	-2,9	-5,9	-4,9	0,0	-6,2	05,1	06,9	10,7	
18	-6,8	-0,9	-7,0	-5,1	3,5	-7,0	12,2	14,2	16,0	
19	-8,7	-0,7	-5,0	-4,8	3,0	-9,0	16,5	16,3	16,7	
20	-3,3	-0,5	-0,5	-1,4	3,5	-4,0	15,3	16,0	15,2	
21	1,2	2,3	3,0	2,1	5,5	-1,0	12,4	12,3	12,4	
22	4,7	6,1	3,0	4,6	8,5	2,0	11,0	13,4	15,4	
23	4,1	5,1	7,3	5,5	8,0	3,0	12,9	12,9	12,0	
24	6,7	12,1	6,7	8,1	14,0	5,0	12,7	11,2	09,6	
25	4,4	6,3	2,6	4,4	8,5	4,3	11,1	13,4	14,1	
26	2,9	4,1	3,0	3,3	5,0	2,0	15,4	17,5	19,4	
27	1,9	9,2	5,3	5,5	11,0	0,5	19,1	19,0	18,2	
28	5,1	9,0	2,0	5,3	10,5	5,0	16,0	15,8	16,3	
29	2,1	7,9	3,5	4,5	9,5	1,0	15,4	15,2	15,5	
30	1,7	7,7	3,1	4,1	11,0	0,5	15,4	14,0	14,7	
31	0,1	8,7	2,6	3,8	9,5	-1,0	15,0	14,8	12,5	
Moy.	0,3	3,8	1,1	1,8			714,3	715,0	714,3	

Vents . . .	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Cal.
Fréquence .	19	4	6	11	3	11	4	4	
Vitesse . .	9.0	11.8	4.6	3.3	2.2	8.2	8.9	5.1	

Extrêmes de température: +14 le 9 et le 24; -9 le 19.

Extrêmes de pression: 727.1 le 1^{er}; 702.0 le 16. Variation 25.1.Température moyenne: $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 1^{\circ}6.$

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

6.38'. G. β . 46°.31'. H. 555.8. h. 1^m.10. H'. 549.

mid. relative		Pluie	Heures de soleil	Evaporation mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date.
h.	1 h.	mm.				
10	70	—	9,0	—		1
15	78	—	6,0	—	Gélée blanche.	2
20	78	—	4,1	—	Brouillard, gelée blanche.	3
25	69	—	7,2	—	Id. id.	4
30	75	—	4,0	—	Gélée blanche.	5
35	75	—	1,3	—	Brouillard, le matin.	6
40	79	—	4,2	—	Id.	7
45	72	—	3,1	—		8
50	55	1,5	3,2	—		9
55	74	5,5	0,	—		10
60	75	1,0	2,1	—		11
65	59	7,0	8,3	—		12
70	91	10,0	—	—	Neige.	13
75	76	7,0	—	—	15 c. neige sur le sol.	14
80	66	0,5	—	—	19 c. neige sur le sol.	15
85	71	7,0	—	—		16
90	57	2,0	—	—	12 c. neige depuis la veille.	17
95	46	—	6,3	—		18
100	55	2,0	10,3	—		19
105	68	11,5	—	—	Neige.	20
110	77	8,0	—	—	Dégel, pluie.	21
115	79	9,0	—	—	Pluie.	22
120	90	17,0	—	—	Id.	23
125	66	23,0	1,2	—	Id.	24
130	66	3,5	4,1	—	Id.	25
135	80	1,5	—	—	Id.	26
140	53	1,5	1,0	—		27
145	54	1,0	2,2	—	1 ^{re} hirondelle vue à Ouchy.	28
150	53	—	7,1	—		29
155	54	—	8,1	—		30
160	57	—	11,0	—		31
165	67	119,5	108,1	—		Moy.

Dates :		1 ^{er}	4.	8.	11.	15.	18.	22.	25.	29.
température du sol	1 ^m	1.8	2.3	2.9	3.4	4.0	3.4	2.8	2.8	3.8
	0 ^m .5	2.0	2.8	3.5	4.8	4.6	3.4	2.7	4.0	5.2
	0 ^m .25	1.6	2.4	3.3	5.4	4.1	2.9	2.3	4.8	5.5

Observations. — Les heures de soleil sont indiquées en heures et quart d'heures, ainsi 3.2 signifie 3 heures et demie.

Humidité relative est observée au moyen de l'hygromètre à cheveu, modèle de Kopp, construit par Hottinger, à Zurich.

Vitesse du vent est exprimée en kilomètres par heure, elle est mesurée par l'anémomètre de Robinson. La force et la direction du vent ont été observées à 7 h. et à 1 h.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois d'AVRIL 1887.

Observateur : D.

Date.	Thermomètre.						Baromètre à z		
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.
1	2,5	6,0	1,7	3,4	8,0	-0,5	703,3	701,6	703,5
2	0,7	10,7	6,5	6,0	8,0	0,0	05,0	08,9	09,2
3	3,7	13,1	9,0	8,6	15,5	2,5	12,2	13,5	13,9
4	4,9	13,3	8,8	9,0	17,5	2,5	13,6	10,6	07,8
5	8,4	11,8	8,0	9,4	14,0	7,0	04,3	02,8	01,2
6	6,3	10,0	7,8	8,0	12,5	5,5	01,3	01,2	698,9
7	6,7	15,0	7,2	9,6	16,5	5,0	698,4	00,9	703,2
8	6,1	8,9	6,2	7,1	10,0	5,5	704,4	05,8	07,4
9	4,7	8,3	6,4	6,5	10,0	4,5	08,3	09,3	10,0
10	2,7	12,3	—	—	15,5	1,5	11,2	11,5	12,5
11	5,0	12,8	8,4	8,7	16,0	3,0	14,1	14,8	15,8
12	7,1	15,2	9,8	10,7	16,5	6,0	16,3	15,6	16,0
13	6,7	11,8	9,8	9,4	14,5	6,5	15,1	13,4	12,3
14	6,1	5,9	1,1	4,4	7,0	6,1	10,6	10,9	12,4
15	-1,7	1,1	-0,7	-0,4	3,0	-2,0	12,8	14,9	17,0
16	-0,5	0,7	-2,6	-0,8	6,5	-2,0	17,3	17,5	19,6
17	-2,7	2,9	-0,8	-0,2	4,0	-3,5	18,8	18,9	19,0
18	-0,1	6,7	6,0	4,2	10,5	-3,0	18,8	18,9	18,2
19	3,3	12,0	9,2	8,2	16,0	1,0	18,2	18,5	18,3
20	9,7	15,8	12,0	12,5	19,0	3,0	18,0	15,4	13,8
21	9,5	18,0	13,3	13,6	20,0	6,5	12,6	10,0	08,0
22	9,7	17,9	13,1	13,6	21,0	5,5	08,0	07,6	07,4
23	9,4	18,1	14,4	14,0	21,0	6,0	07,1	06,3	06,2
24	12,8	16,9	8,4	12,7	19,5	7,5	07,0	08,1	12,1
25	7,0	12,5	9,4	9,6	13,0	7,0	14,0	14,7	14,5
26	6,0	7,3	4,8	6,0	11,0	6,0	15,3	16,6	18,0
27	6,8	13,8	7,8	9,5	16,0	2,0	17,8	17,2	17,1
28	9,3	18,3	12,5	13,4	20,5	5,0	16,6	15,2	13,9
29	12,9	20,0	12,8	15,2	21,5	11,0	14,8	13,2	13,8
30	11,2	14,5	9,5	11,7	18,5	10,5	14,3	12,7	14,1
Moy.	5,8	11,7	7,6	8,4	—	—	711,7	711,6	711,8

Vents . . .	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	C
Fréquence .	7	12	6	12	10	4	5	4	
Vitesse . .	3.6	22.7	4.3	3.0	5.3	9.1	11.0	12.4	

Extrêmes de température : + 21°.5 le 29; le 17 - 3°.5.

Extrêmes de pression : 719.6 le 16 et le 7 698.4. Variation 21.2.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 8.1.$

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

N° G. β . 46°.31'. H. 555.8. h. 1^m.10. H'. 549.

d. relative	Pluie	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date.
1 h.	mm.				
65	—	—	—		1
61	—	8,2	—	Gelée blanche.	2
57	—	11,2	—	Id.	3
57	—	11,2	—	Rosée.	4
67	1,0	2,0	—		5
69	—	—	—		6
58	11,5	5,2	—	Rosée, tonn ^{re} à 5.15, grêle 5.25.	7
75	—	6,2	—		8
63	—	0,2	—		9
60	—	10,2	—	Rosée.	10
59	—	7,1	—	Id.	11
49	2,0	6,2	—	Id.	12
60	7,0	2,1	—		13
82	13,0	—	—		14
61	—	7,3	—	Neige.	15
86	4,5	6,2	—	Neige après-midi, bise.	16
61	—	10,2	—	Bise très forte.	17
57	—	11,2	—		18
53	—	11,1	—		19
47	—	11,3	—		20
50	—	9,3	—		21
49	—	11,3	—		22
46	—	9,0	—		23
50	13,0	4,0	—	Orage à 5 h., éclairs à l'W.	24
65	12,5	5,1	—		25
85	7,0	3,3	—	Brouillard à 7 h.	26
51	—	12,2	—		27
43	—	4,2	—		28
44	1,5	6,1	—		29
69	1,5	0,0	—		30
60	74,5	198,2	—		Moy.

Dates:		1.	5.	8.	12.	15.	19.	22.	24.	26.	29.
pé- re- ol	1 ^m	4.1	5.2	6.0	6.8	7.2	6.6	7.4	8.0	8.4	9.1
	0 ^m .5	4.2	7.3	8.2	8.8	8.8	7.4	9.5	10.4	10.7	10.6
	0 ^m .25	5.2	8.4	9.2	9.6	7.8	6.8	10.5	11.6	11.2	12.1

IVATIONS. — Les heures de soleil sont indiquées en heures et quarts heure.

irection et la force du vent ont été observées à 7 h. et à 1 h.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de MAI 1887.

Observateur : D.

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zér		
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.
1	9,1	17,9	15,6	14,2	18,0	8,0	714,3	712,9	710,3
2	13,3	20,5	15,7	16,5	23,0	?	08,8	07,8	06,7
3	15,2	17,8	13,3	15,4	22,0	12,5	08,4	07,9	04,2
4	9,8	17,6	12,9	13,4	19,5	8,0	09,2	10,2	10,5
5	13,7	20,0	13,3	15,7	22,0	8,5	10,5	06,3	06,5
6	9,8	18,1	10,7	12,9	20,0	9,0	13,2	14,1	15,1
7	8,9	9,7	7,4	8,7	11,0	8,9	15,0	16,0	17,3
8	7,1	10,0	6,8	8,0	11,0	7,1	18,4	20,1	20,1
9	8,0	13,9	10,0	10,6	15,0	6,0	19,1	19,0	20,0
10	10,7	17,7	11,5	13,3	21,0	9,0	19,0	18,9	17,5
11	11,3	17,6	10,9	13,3	20,0	8,0	17,4	17,0	15,4
12	8,1	11,2	7,8	9,0	15,0	8,0	15,0	15,2	13,2
13	7,5	9,8	5,1	7,5	12,0	7,0	11,5	11,4	09,6
14	2,9	4,7	3,6	3,7	7,0	2,5	09,5	08,7	10,5
15	7,8	12,8	7,0	9,2	14,0	2,0	10,6	10,5	11,5
16	8,3	15,1	6,4	9,9	16,5	4,5	12,6	13,4	13,7
17	7,1	14,6	7,2	9,6	17,0	6,4	14,5	12,6	13,4
18	7,4	14,5	8,5	10,1	16,0	7,0	13,6	14,3	14,3
19	7,6	10,7	7,5	8,6	12,0	7,0	14,3	14,6	14,6
20	8,0	12,3	8,1	9,5	14,5	3,5	13,0	10,6	08,7
21	8,2	5,2	2,1	5,2	10,5	2,5	11,6	11,5	10,2
22	2,9	5,8	3,4	4,0	7,5	1,5	08,8	09,7	11,6
23	2,7	10,6	5,6	6,3	11,5	1,5	11,0	12,3	15,0
24	7,3	12,1	6,1	8,5	13,5	3,0	16,0	16,8	15,9
25	7,0	8,1	6,5	7,2	14,0	2,5	13,9	12,9	11,9
26	6,3	12,2	8,2	8,9	15,5	4,5	11,7	11,7	10,5
27	6,9	9,0	9,0	8,3	11,0	6,5	09,0	10,6	11,7
28	9,3	17,0	13,0	13,1	18,0	4,0	10,8	11,4	10,4
29	13,4	19,1	14,2	15,6	19,0	9,0	09,9	11,1	11,6
30	12,1	18,2	15,9	15,4	21,5	11,5	12,4	12,6	14,1
31	16,3	20,9	16,8	18,0	22,0	13,5	14,3	14,1	13,3
Moy.	8,8	13,7	9,4	10,6			712,8	712,8	712,6

Vents . . . N. NE. E. SE. S. SW. W. NW. Cal
Fréquence . 14 4 9 5 11 6 8 5
Vitesse . . 12,1 17,9 3,9 3,8 5,3 8,7 10,0 6,3

Extrêmes de température : Max. de 23° le 2 mai; min. de + 1°5 les 22

Extrêmes de pression : 720,1 le 8; 704,2 le 3. Amplitude 15,9.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 10^{\circ}4$.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

8'. G. β. 46°.31'. H. 555.8. h. 1^m.10. H' 549.

d. relative 1 h.	Pluie mm.	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date.
?	—	2,1	—		1
?	—	8,1	—		2
57	7,0	5,0	—	Orage de 10 h. p. m. à minuit, }	3
50	—	10,1	—	grêle à 10 h. 45. }	4
56	1,5	9,0	—	Orage au SW. et NW. depuis }	5
56	15,0	7,2	—	8 h. p. m. }	6
80	11,5	—	—		7
72	—	1,3	—		8
63	—	12,2	—		9
59	—	10,1	—		10
40	1,0	7,0	—		11
68	1,0	0,2	—		12
54	1,0	0,1	—		13
92	0,5	8,3	—		14
57	2,0	0,1	—		15
53	0,5	8,3	—		16
60	7,0	7,1	—		17
60	1,0	—	—		18
65	5,5	4,3	—		19
63	0,5	1,3	—		20
75	3,5	6,0	—	Neige abondante le soir.	21
75	2,0	1,2	—		22
61	6,0	5,3	—		23
60	—	2,2	—		24
74	1,0	2,1	—		25
69	0,5	3,2	—		26
80	—	0,2	—		27
56	0,5	10,0	—		28
62	—	3,0	—		29
70	1,5	3,3	—		30
62	—	2,1	—		31
63,8	70,0	147,0	—		Moy.

	Dates :	3.	6.	10.	13.	17.	20.	21.	27.	31.
température	{ 1 ^m	10.0	11.0	10.2	11.2	11.0	11.2	10.8	10.4	10.8
1 sol	{ 0 ^m .5	12.8	13.8	13.0	13.2	12.6	12.6	11.6	11.4	13.0
	{ 0 ^m .25	14.3	14.6	12.6	13.0	12.2	12.2	10.6	11.2	14.4

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de JUIN 1887.

Observateur : D

Date.	Thermomètre.						Baromètre à z		
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.
1	17,3	23,0	17,8	19,4	24,5	13,0	713,9	710,1	709,8
2	14,9	17,9	8,8	13,9	20,0	11,5	06,0	05,7	06,3
3	9,5	11,0	11,2	10,6	15,5	8,8	09,3	12,3	14,7
4	12,5	19,9	14,8	15,7	22,0	8,5	15,7	16,1	17,0
5	14,9	21,0	15,0	17,0	24,0	12,5	17,0	17,1	16,3
6	15,3	22,1	15,8	17,7	23,5	12,5	17,0	16,9	16,0
7	15,3	22,9	16,4	18,2	25,5	11,0	16,0	15,9	15,3
8	16,3	23,5	19,8	19,9	26,0	12,0	16,7	17,5	16,7
9	18,3	25,3	20,3	21,3	28,0	13,5	18,5	17,9	18,3
10	18,8	24,5	15,9	19,7	26,5	15,5	18,4	17,5	18,3
11	12,6	19,1	10,6	14,1	20,5	11,0	18,0	18,1	18,3
12	13,2	20,9	17,4	17,2	23,5	9,0	18,0	17,9	16,8
13	15,7	23,5	20,3	19,8	25,0	11,0	18,3	17,6	17,7
14	18,0	26,5	17,9	20,8	29,0	13,0	19,6	19,4	18,0
15	20,1	27,1	?	—	29,5	15,5	20,2	19,0	18,3
16	18,8	26,6	21,4	22,3	28,0	15,5	18,8	17,6	16,3
17	18,0	23,6	17,6	19,7	24,0	15,5	16,7	15,4	15,0
18	14,1	22,6	15,9	17,5	23,0	11,5	15,4	14,3	14,3
19	14,5	23,2	19,6	19,1	26,0	10,5	15,6	15,6	14,7
20	15,9	25,1	20,9	20,6	27,5	12,5	16,0	16,3	14,7
21	18,4	23,1	12,3	17,9	25,0	14,0	14,7	15,1	14,3
22	11,4	20,4	17,2	16,3	22,5	8,6	13,0	13,1	13,3
23	14,6	23,3	19,7	19,2	25,5	11,0	15,8	15,7	15,3
24	17,1	25,8	19,6	20,8	27,5	12,5	16,0	15,8	15,3
25	19,4	15,6	16,6	17,2	22,0	15,5	16,4	17,7	16,0
26	17,3	20,6	16,3	18,1	23,0	14,5	15,7	15,6	14,7
27	16,7	23,3	19,0	19,7	24,5	14,5	13,9	13,6	14,3
28	18,0	25,7	17,6	20,4	26,5	14,5	15,0	15,4	16,3
29	13,3	16,4	11,7	13,8	17,5	12,5	17,3	16,7	16,3
30	12,1	20,5	18,2	16,9	23,0	10,0	715,9	715,8	715,6
Moy.	15,7	22,1	16,7	18,2	—	—	716,0	715,8	715,6

Vents . . . N. NE. E. SE. S. SW. W. NW. C
Fréquence . 18 5 12 5 13 0 3 4
Vitesse . . 13,0 15,1 3,6 3,8 5,4 — 3,7 3,5

Extrêmes de température : max. + 29° 5 le 15; min. le 4 et le 22 8

Extrêmes de pression : max. 720,2 le 15; min. 705,7 le 2.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 17,8.$

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

8° G. β . 46°31'. H. 555.8. h. 1^m.10. H'. 549.

l. relative	Pluie	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date.
1 h.	mm.				
58	0.5	9,3	—		1
72	—	0,1	—		2
79	28,5	2,1	—		3
52	1,0	7,3	—		4
52	0,5	8,0	—		5
53	—	9,0	—		6
58	—	13,2	—		7
60	—	13,2	—		8
55	—	13,2	—		9
53	—	13,1	—		10
54	—	13,1	—		11
59	—	12,3	—		12
61	—	13,2	—		13
55	—	13,2	—		14
57	—	12,1	—		15
58	—	13,2	—		16
62	—	11,3	—		17
55	—	13,2	—		18
61	—	13,2	—		19
52	—	12,1	—		20
42	—	13,1	—		21
52	—	13,0	—		22
58	—	13,2	—		23
55	—	13,1	—		24
100	—	2,0	—		25
66	6,0	5,2	—		26
56	—	13,0	—		27
44	—	9,3	—		28
56	—	8,1	—		29
61	—	13,1	—		30
58.5	36,5	325,1	—		Moy.

	Dates:	3.	7.	10.	14.	18.	21.	24.	28.
ature	{	1 ^m	11,7	13,2	14,5	15,8	16,6	17,3	17,6
sol	{	0 ^m .5	14,2	16,2	17,6	19,3	20,6	20,6	20,4
	{	0 ^m .25	14,6	17,4	20,6	20,4	22,0	21,9	21,2

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de JUILLET 1887.

Observateur : D. VAL

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro.			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.	Moyen
1	16,8	24,8	19,9	20,5	27,0	15,0	715,8	715,6	715,4	715,6
2	17,8	25,9	20,7	21,5	28,0	14,5	16,8	17,3	17,4	17,2
3	17,6	26,6	21,9	22,0	31,5	15,5	17,8	17,2	16,5	17,2
4	20,7	28,1	21,8	23,5	30,5	15,5	16,4	15,4	14,1	15,3
5	20,9	24,9	15,7	20,5	27,0	17,5	13,3	12,2	12,3	12,3
6	17,1	18,7	14,7	16,8	26,0	15,5	12,4	13,4	15,6	13,3
7	12,4	21,3	16,3	16,7	25,5	10,5	17,5	16,9	16,9	17,2
8	15,9	23,7	17,0	18,9	29,0	11,5	17,7	17,7	16,6	17,2
9	19,7	24,8	19,0	21,2	27,5	15,0	16,6	16,6	16,5	16,6
10	16,0	18,9	17,9	17,6	22,5	16,0	16,4	16,7	16,7	16,6
11	17,7	23,0	18,2	19,2	26,0	16,5	16,7	16,7	16,5	16,6
12	19,3	25,9	21,2	22,1	28,0	16,5	16,6	15,9	14,3	15,3
13	19,3	26,5	20,3	22,0	28,3	16,5	14,5	14,4	15,1	14,4
14	19,2	26,7	20,5	22,1	27,3	16,5	16,4	16,4	17,2	16,6
15	20,0	28,3	19,3	22,5	28,7	16,5	17,2	16,4	16,1	16,6
16	18,9	24,1	18,1	20,4	24,8	17,5	16,3	17,2	16,4	16,6
17	16,1	23,3	17,1	18,8	23,6	14,5	15,3	13,4	12,5	13,3
18	16,1	18,5	18,0	17,5	19,9	15,0	12,5	12,4	13,4	12,3
19	17,9	25,6	20,4	21,3	27,1	15,0	12,6	12,4	13,2	12,3
20	18,0	22,1	18,3	19,5	23,6	17,1	14,9	14,6	14,7	14,4
21	18,6	26,0	22,0	22,2	26,6	16,5	16,2	15,5	14,3	15,3
22	19,5	23,5	16,6	19,9	26,1	18,5	16,1	15,5	16,3	16,3
23	18,3	23,3	18,0	19,9	24,3	15,0	17,3	18,2	17,6	17,7
24	16,6	23,9	?	20,2	25,8	13,5	15,4	14,5	13,5	14,3
25	19,0	24,7	18,6	20,8	27,1	15,5	12,4	11,4	10,6	11,3
26	16,8	22,9	18,7	19,5	25,0	16,5	11,6	10,6	11,7	11,3
27	19,3	26,3	19,2	21,6	26,8	15,0	13,5	14,4	16,4	14,3
28	19,7	26,7	21,5	22,6	27,7	15,5	17,5	17,3	16,8	17,2
29	19,5	26,8	21,9	22,7	28,5	17,0	17,2	17,1	17,2	17,2
30	22,1	27,9	22,2	24,1	30,0	17,0	16,8	15,8	15,8	16,1
31	20,1	28,3	21,3	23,2	28,8	18,0	16,2	16,0	16,1	16,1
Moy.	18,3	24,6	19,2	20,7			715,6	715,3	715,3	715,3

Vents . . .	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Calme.
Fréquence . .	2	7	6	10	9	20	6	2	9
Vitesse . . .	5.25	6.00	3.95	6.00	4.5	5.8	4.7	3.45	

Extrêmes de température : + 31°.5 le 3; + 10°.5 le 7.

Extrêmes de pression : 718.2 le 23; 710.6 le 26.

$$\text{Température moyenne : } \frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 20.3.$$

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

P. 38'. G. β. 46° 31'. H. 555.8. h. 1^m.10. H'. 549.

alt. relative		Pluie	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS			Date.
h.	1 h.	mm.			CARACTÈRE DU TEMPS			
57	—	13,2	—	1	1	0	1	
57	—	10,2	—	0	3	8	2	
57	—	13,3	—	0	0	0	3	
48	—	10,3	—	0	0	3	4	
62	—	4,3	—	3	5	10	5	
57	21,0	3,1	—	9	9	2	6	
57	—	13,1	—	0	0	0	7	
57	—	13,3	—	0	0	0	8	
57	—	6,1	—	2	8	6	9	
80	1,5	—	—	10	8	4	10	
63	11,0	3,3	—	6	3	1	11	
54	—	14,0	—	0	1	0	12	
62	—	10,2	—	0	3	9	13	
61	0,5	12,2	—	5	5	1	14	
58	—	11,0	—	0	5	8	15	
58	2,0	6,2	—	9	6	0	16	
65	—	8,2	—	1	4	10	17	
95	1,0	1,0	—	10	10	6	18	
66	1,5	10,0	—	6	2	9	19	
78	0,5	1,2	—	10	8	4	20	
62	—	8,3	—	10	2	4	21	
74	—	4,3	—	9	3	9	22	
57	18,0	13,3	—	4	2	2	23	
68	—	7,2	—	0	3	3	24	
62	4,0	6,2	—	1	9	8	25	
68	2,5	4,3	—	9	7	8	26	
54	—	7,0	—	6	8	7	27	
65	—	12,2	—	3	2	2	28	
66	—	12,2	—	1	0	0	29	
60	19,0	10,3	—	0	3	7	30	
50	—	10,2	—	5	2	5	31	
62.6	62,5	268,1	—	4,2	4,0	4,4	Moy.	

Dates: 1^{er} 5. 8. 12. 15. 19. 22. 25. 29.

température sol	1 ^m	17.7	18.4	18.3	18.4	19.0	19.1	18.8	19.2	19.4
	0 ^m .5	20.3	20.6	—	—	—	—	—	21.2	21.7
	0 ^m .25	20.6	23.0	20.4	21.4	22.8	21.2	22.4	22.0	22.9

RAVATIONS. — Le 13, éclairs à l'W depuis 8 h. — Le 14, orage à l'W à h., au NW à 4 h., à 7 h. sur la ville. — Le 21, éclairs à l'W à 10 h. m. — Le 22, orage à 4 h. 10, passe sur la ville à 4 h. 40, grêle à 4 h. 50, rage marche au NW, s'éloigne à 5 h. 30. — Le 30, éclairs depuis 9 h. m., orage à 10 h. 45, marche du NW au SE. — Le 31, éclairs au S t à l'W à 8 h.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois d'AOUT 1887.

Observateur: D. V.

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro.			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.	Moy.
1	21,5	23,4	20,4	21,8	27,0	18,0	717,2	717,0	717,4	717,2
2	19,3	25,5	21,0	21,9	27,1	16,5	17,3	16,3	16,4	16,4
3	18,5	22,7	17,9	19,7	23,0	16,0	17,1	17,2	17,3	17,3
4	13,8	21,7	16,5	17,3	24,0	12,0	17,2	16,4	16,3	16,3
5	14,1	22,6	19,6	18,8	25,2	12,0	17,3	15,9	15,5	15,5
6	16,8	25,1	?	21,0	27,0	13,5	17,3	17,3	16,4	16,4
7	19,5	28,0	19,8	22,4	30,0	15,5	19,1	19,0	18,4	18,4
8	19,3	29,1	23,1	23,8	30,1	16,0	20,1	19,3	19,1	19,1
9	21,3	30,2	22,0	24,5	31,0	16,5	19,1	18,2	16,5	16,5
10	18,7	28,0	18,5	21,7	28,1	16,0	15,1	13,4	12,4	12,4
11	14,7	23,3	16,6	18,2	26,3	12,5	12,3	11,4	10,6	10,6
12	13,6	22,8	15,8	17,4	23,7	11,0	11,4	11,4	10,5	10,5
13	16,5	17,9	14,9	16,4	21,1	13,0	10,5	10,7	10,6	10,6
14	16,7	20,3	15,0	17,3	23,1	14,9	09,8	10,6	12,8	12,8
15	15,4	22,3	15,8	17,8	24,0	12,5	13,6	12,7	11,7	11,7
16	16,6	14,6	13,6	14,9	16,6	14,5	09,8	11,7	12,7	12,7
17	15,8	19,3	11,9	15,7	21,4	13,7	12,7	12,7	11,7	11,7
18	8,9	11,5	9,6	10,0	12,5	8,9	09,8	09,9	12,2	12,2
19	9,5	13,2	?	11,3	16,4	9,5	13,5	13,2	13,3	13,3
20	11,5	11,6	10,1	11,1	12,0	8,0	10,4	09,3	07,7	07,7
21	8,2	10,9	10,4	9,8	11,0	7,6	09,8	11,9	14,6	14,6
22	10,1	17,9	13,0	13,4	17,2	8,0	14,8	15,1	15,0	15,0
23	11,0	18,3	13,1	14,1	20,8	8,5	15,3	15,1	14,8	14,8
24	13,1	21,9	15,8	16,9	23,2	10,0	14,7	14,0	13,3	13,3
25	15,4	23,5	17,2	18,7	24,0	13,0	13,4	13,3	12,8	12,8
26	16,1	24,6	17,7	19,5	26,4	13,5	13,3	13,6	12,9	12,9
27	17,4	23,7	18,9	20,0	25,8	14,5	13,7	13,8	12,9	12,9
28	17,7	23,9	18,7	20,1	26,0	15,6	13,0	12,6	11,5	11,5
29	15,3	21,9	15,9	17,7	23,0	15,0	13,6	14,7	15,0	15,0
30	15,6	21,8	17,1	18,2	24,0	12,5	15,5	15,7	14,9	14,9
31	17,1	24,7	18,1	20,0	26,0	13,5	713,8	713,4	714,4	714,4
Moy.	15,5	21,5	16,5	17,9			714,2	714,1	714,0	714,0

Vents . . .	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Calt.
Fréquence .	6	11	5	10	8	14	4	4	6
Vitesse . .	7.4	3.8	1.2	4.65	5.3	11.2	6.4	8.9	

Extrêmes de température: max. le 9 à 3 h., 31.0; min. le 21 à 5 h. m. 7.

Extrêmes de pression: maximum le 8 à 9 h. mat., 720.2; — minimum le 21 à 12 h. nuit, 707.7.

Température moyenne: $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 17^{\circ}5$.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

p. 38'. G. β. 46°.31'. H. 555,8. h. 1^m.10. H'. 549.

mil. relative		Pluie mm.	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS			Date.
h.	1 h.				CARACTÈRE DU TEMPS			
65	75	—	7,3	2,2	5	7	2	1
64	70	—	7,2	3,7	4	2	1	2
63	60	—	10,1	5,0	3	0	0	3
62	—	—	13,3	3,3	0	0	0	4
61	69	—	—,0	2,9	1	0	0	5
60	58	—	2,0	2,3	0	1	0	6
59	48	—	12,3	3,7	0	3	0	7
58	52	—	12,3	4,1	0	3	2	8
57	43	—	13,0	5,1	0	0	0	9
56	48	—	11,0	4,3	0	0	0	10
55	57	—	12,3	4,8	0	0	0	11
54	62	—	12,2	3,0	0	0	2	12
53	96	24,5	0,3	0,3	8	10	10	13
52	73	—	5,2	2,0	10	7	0	14
51	66	—	11,2	2,7	1	1	2	15
50	100	32,5	0,0	0,2	8	10	10	16
49	66	16,0	6,2	2,1	9	5	10	17
48	81	23,5	0,0	0,1	10	10	10	18
47	73	3,0	3,2	1,0	9	8	5	19
46	92	34,0	0,0	0,3	8	10	10	20
45	92	10,0	0,0	0,6	10	10	10	21
44	55	—	12,3	2,4	1	1	0	22
43	60	—	11,3	1,7	0	0	0	23
42	55	—	12,3	1,9	0	0	0	24
41	54	—	9,1	2,0	0	5	0	25
40	56	—	11,3	2,0	0	3	0	26
39	60	—	11,	1,4	0	2	0	27
38	60	4,0	5,2	1,7	2	8	9	28
37	54	—	8,2	1,9	9	5	0	29
36	54	—	11,3	2,0	0	0	0	30
35	49	2,0	0,2	—	0	4	10	31
34	64,5	149,5	270,2	71,0				Moy.

Dates :		2.	5.	9.	12.	16.	19.	23.	26.	30.
empé- ature u sol.	1 ^m	20.0	20.0	20.3	20.5	19.4	18.4	17.0	17.0	18.0
	0 ^m .5	22.2	21.8	22.5	22.4	20.4	18.0	16.7	18.0	19.4
	0 ^m .25	23.2	21.8	23.2	22.4	20.4	17.0	15.9	19.4	19.9

OBSERVATIONS. — Le 1^{er} orage lointain, depuis 11 h., à PW et NW; à 1 h. 10. coup de tonnerre rapproché; orageux jusqu'à 5 h. p. m. — Le 3, éclairs au SE, à 9 h. p. m. — Le 13, orage près de Morges, éclairs et quelques coups de tonnerre. — Le 16, orage à 8 h. 50, tonnerre depuis 8 h. 10 a. m.; marche de l'orage du SW au NW; orage à 6 h. p. m. — Le 28, orage à 10 h. p. m. — Le 30 août, rosée.

L'évaporation est mesurée au moyen de l'évaporimètre de Wild.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de SEPTEMBRE 1887.

Observateur : D. VA

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.	Moy.
1	15,2	22,7	18,3	18,7	24,0	15,0	713,8	713,3	711,8	7
2	17,4	23,0	15,7	18,7	24,5	16,0	10,7	10,7	13,8	
3	15,4	21,1	16,7	17,7	21,7	14,0	15,1	15,6	14,6	
4	16,8	21,9	15,3	18,0	24,2	15,0	13,6	14,0	13,4	
5	15,5	18,6	16,9	17,0	21,7	14,0	12,9	13,6	13,6	
6	16,8	22,9	16,2	18,6	25,9	15,0	13,2	12,4	11,0	
7	16,4	19,2	13,5	16,4	20,0	13,5	10,6	13,0	16,6	
8	13,5	14,1	12,7	13,4	15,0	13,0	17,0	18,2	18,3	
9	12,6	16,9	12,6	14,0	18,7	12,5	17,5	17,7	17,4	
10	12,4	19,0	12,1	14,5	20,0	11,0	16,3	16,3	16,0	
11	11,9	19,4	14,8	15,4	20,2	9,5	14,5	13,7	12,5	
12	12,3	19,6	13,7	15,2	20,9	11,5	11,0	10,5	09,9	
13	12,5	18,6	13,3	14,8	19,8	12,5	10,0	10,3	11,2	
14	8,3	16,7	12,2	12,4	18,5	6,5	12,9	13,1	14,2	
15	9,6	17,0	9,8	12,1	18,1	8,5	15,6	16,2	16,7	
16	8,6	18,0	10,6	12,4	19,8	7,5	17,4	17,6	17,2	
17	11,6	19,8	14,0	15,1	20,3	9,5	17,3	16,9	17,0	
18	11,2	21,1	13,3	15,2	22,0	9,5	17,9	16,8	16,8	
19	12,2	15,4	10,4	12,7	18,7	12,2	16,6	16,7	15,2	
20	10,9	14,5	11,5	12,3	15,0	9,5	12,8	12,6	12,4	
21	10,1	16,1	9,6	11,9	17,0	10,0	13,0	12,3	13,3	
22	6,2	14,1	9,2	9,8	16,0	5,5	16,0	16,2	17,4	
23	8,3	16,1	11,3	11,9	18,3	6,5	17,4	18,0	17,9	
24	8,4	13,7	9,8	10,6	14,5	7,5	17,7	16,4	16,1	
25	5,6	13,3	8,1	9,0	14,5	4,5	14,9	14,6	13,6	
26	6,6	13,9	6,9	9,1	15,3	4,5	13,0	11,3	08,8	
27	7,1	15,6	10,6	11,1	16,5	5,0	06,5	04,2	703,2	
28	8,2	13,3	9,4	10,3	15,0	7,5	02,4	01,8	699,8	
29	6,5	13,6	8,2	9,4	14,6	6,5	00,3	01,0	701,8	
30	7,0	11,9	6,8	8,6	—	6,5	04,3	06,4	709,4	
Moy.	11,2	17,3	12,1	13,5			713,1	713,0	713,0	7

Vents . . .	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Calm
Fréquence .	10	9	3	4	10	9	6	9	3
Vitesse . .	13,3	6,2	1,6	5,5	5,1	11,3	12,3	6,9	

Extrêmes de température : 25°.9 le 6; 4°.5 les 25 et 26.

Extrêmes de pression : 718.3 le 8, à 9 h.; 699.8 le 28, à 9 h.

Amplitude : 18.5.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 13.2.$

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

35° G. β. 46° 31'. H. 555.8. h. 1^m.10. H'. 549.

id. relative	Pluie	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS			Date.
1 h.	mm.						
58	0	8,3	1,1	10	1	3	1
54	3,5	5,1	1,2	1	9	10	2
57	0	0	1,0	10	9	10	3
56	0,5	3,0	1,0	10	8	10	4
65	31,5	3,0	1,7	10	9	10	5
56	0	7,0	2,1	2	3	2	6
69	13,0	0	0,9	9	10	10	7
74	2,5	0	0	10	10	10	8
64	0	2,0	0	10	8	2	9
58	0	5,1	1,1	8	3	0	10
54	0	10,0	0,9	0	2	9	11
52	0	10,1	0,4	1	2	4	12
52	0	5,2	2,6	9	4	8	13
45	0	10,1	0,4	0	1	3	14
51	0	7,3	0,7	9	1	0	15
52	0	10,3	0,2	0	0	0	16
55	0	11,1	0,7	0	1	0	17
52	9,0	10,2	1,2	0	1	1	18
50	0	4,1	2,8	6	5	3	19
71	0	8,2	2,4	7	2	0	20
58	0	11,	3,7	1	0	0	21
62	0	9,0	3,7	1	0	1	22
60	0	1,0	0,9	1	0	0	23
64	0	8,3	1,2	0	1	0	24
56	0	10,2	1,8	0	0	0	25
62	0	7,1	2,3	8	0	0	26
56	0	5,2	0,9	10	4	2	27
57	0,5	2,	1,1	6	7	10	28
52	3,5	6,2	1,8	9	6	8	29
—	4,5	5,1	1,	7	3	2	30
55.7	68,5	200,1	48,9				Moy.

Dates:		2.	6.	9.	13.	16.	20.	23.	28.
pé- re el	1 ^m	18.4	18.9	17.8	17.4	16.8	16.6	16.2	15.4
	0 ^m .5	19.8	19.0	18.0	17.8	17.0	16.2	16.2	15.2
	0 ^m .25	20.7	19.2	17.4	17.8	16.8	15.3	15.3	14.3

AVATIONS. — Le 4, orage à 8 h. a. m., marchant de l'W à l'E.; à 2 h. p. m.,
nnerre; à 5 h., orage à l'W; à 5 h. 15, sur la ville, grêle avec pluie. —
e 19, éclairs à E et SE, à 7 h. p. m.

osée a été observée à 7 h., les 13, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 24, 25, 26 et 27.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois d'OCTOBRE 1887.

Observateur : D.

Date.	Thermomètre.						Baromètre à		
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.
1	6,8	14,5	9,3	10,2	15,0	4,5	711,4	—	—
2	6,1	13,9	8,7	9,6	15,7	6,0	14,6	715,6	715,8
3	5,6	14,4	9,4	9,8	15,4	4,5	17,0	17,2	16,7
4	6,1	12,0	7,9	8,7	12,9	5,0	15,8	14,9	13,9
5	7,7	12,1	7,6	9,1	13,0	7,0	12,7	13,0	12,9
6	7,9	10,8	8,6	9,1	11,2	7,6	12,0	12,0	12,0
7	8,1	11,0	9,7	9,6	15,0	7,5	11,5	10,5	10,4
8	8,6	13,3	8,8	10,2	16,3	8,0	10,5	10,3	10,3
9	8,1	14,3	10,1	10,8	15,6	6,5	09,6	06,4	02,3
10	10,7	14,4	9,3	11,5	15,3	9,5	00,4	00,4	05,3
11	5,7	6,5	4,6	5,6	9,0	5,5	07,5	08,5	08,7
12	3,8	8,3	4,7	5,6	8,8	3,0	07,5	06,7	08,0
13	1,7	3,9	3,1	2,9	7,8	0,2	07,3	06,9	06,3
14	0,5	4,4	3,1	2,7	4,8	0,5	07,9	08,1	07,3
15	0,0	1,4	0,0	0,5	3,4	0,5	07,6	07,7	08,0
16	-0,9	4,4	1,4	1,6	4,8	-0,9	12,2	16,1	10,3
17	1,4	6,7	3,9	4,0	7,0	-0,5	20,6	20,2	22,3
18	3,9	8,8	5,2	6,0	9,2	3,0	22,2	21,9	21,3
19	1,7	10,1	5,5	5,8	10,8	1,2	21,7	21,6	21,3
20	5,1	10,5	—	5,2	11,0	4,5	20,4	20,2	19,0
21	2,1	8,7	5,5	5,4	11,4	1,8	19,0	19,2	19,7
22	2,0	8,7	4,7	5,1	9,0	1,2	20,7	21,7	22,0
23	0,7	10,4	5,5	5,5	11,7	0,5	22,4	21,0	18,3
24	4,6	10,1	1,8	5,5	11,1	3,3	14,3	11,1	13,3
25	-0,2	2,7	-0,8	0,6	4,2	-0,5	12,9	14,9	18,0
26	-1,4	1,7	-1,9	-0,5	2,4	-1,4	18,8	18,1	18,3
27	-4,5	3,3	-1,5	-0,9	4,0	-4,5	16,0	14,5	14,0
28	-0,2	6,6	3,0	3,1	7,3	-2,0	11,9	11,4	11,3
29	3,6	9,9	7,2	6,9	12,0	2,0	12,3	12,2	11,3
30	9,5	9,0	6,4	8,3	9,8	5,5	07,0	10,6	11,3
31	5,9	9,1	4,3	6,4	9,1	4,5	09,3	09,0	10,0
Moy.	3,9	8,9	5,2	6,0			713,4	713,4	713,3

Vents . . . N. NE. E. SE. S. SW. W. NW.

Fréquence . . 13 15 2 5 2 15 7 1

Vitesse . . 16,5 7,5 4,2 3,6 7,2 11,3 6,8 4,8

Extrêmes de température : 16°3 le 8; — 4°5 le 27; amplitude 20°

Extrêmes de pression : 700,4 le 10; 722,4 le 23; amplitude 22,0.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 5,5$.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

46° 33' G. 3. 46° 31'. H. 555.8. h. 1^m.10. H'. 549.

humid. relative		Pluie	Heures de soleil	Evapo-ration	OBSERVATIONS			Date.
h.	1 h.	mm.		mm.	CARACTÈRE DU TEMPS			
90	—	10,2	—	1	1	5	1	
62	—	9,2	—	1	0	0	2	
48	—	10,3	1,4	0	0	0	3	
65	—	7,3	1,9	0	0	0	4	
61	—	0,0	1,8	8	9	10	5	
81	0,5	0,0	1,1	10	10	10	6	
69	1,0	3,2	0,1	8	6	7	7	
62	—	7,2	0,7	6	2	0	8	
60	—	4,0	1,0	7	4	9	9	
63	11,5	1,0	1,0	8	9	10	10	
65	3,5	4,0	1,0	10	8	9	11	
60	1,0	0,0	1,0	9	9	10	12	
79	1,5	2,3	0,4	5	10	9	13	
68	13,0	0,0	0,7	10	10	10	14	
85	2,0	0,1	0,2	9	8	7	15	
63	—	7,3	0	1	0	4	16	
57	—	4,0	0,8	8	4	2	17	
62	—	5,1	0,3	1	4	3	18	
58	—	6,0	0,9	5	3	7	19	
59	—	6,	1,1	8	2	0	20	
67	—	7,3	0,8	2	1	0	21	
62	—	9,2	0	0	0	0	22	
57	—	8,2	1,8	0	0	0	23	
59	—	0,3	0,1	4	10	10	24	
59	4,0	2,0	1,0	10	5	2	25	
63	1,0	9,0	—	0	0	0	26	
58	—	9,1	—	0	0	0	27	
59	—	1,1	—	9	5	7	28	
58	5,0	4,1	2,9	9	3	2	29	
93	11,0	0,0	1,3	10	10	10	30	
84	3,0	0,0	0,7	10	10	10	31	
69.9	58,0	143,0	—				Moy.	

Dates:		4	7.	11.	14.	18.	21.	25.	28.
pérature u sol	1 ^m	14.6	14.0	13.6	12.6	11.0	10.5	9.9	8.8
	0 ^m .5	14.4	13,4	13.3	11.0	9.0	9.4	8.6	7.0
	0 ^m .25	13.4	12.8	12.5	9.2	7.6	8.6	7.7	6.3

RVATIONS. — Rosée les 1, 2, 3, 4, 22, 23. — Gelée blanche les 13, 18, 19, 20, 21. — Gelée, 26, 27, 28. — Neige a pris pied sur le sol à 555, le 14.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de NOVEMBRE 1887.

Observateur : D.

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro		
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.
1	3,1	9,3	3,3	5,2	9,5	2,8	707,8	703,2	700,4
2	4,1	10,7	3,0	5,9	11,3	3,0	01,5	02,9	04,9
3	1,4	5,9	6,1	4,4	7,8	0,5	03,0	01,5	02,9
4	6,5	6,0	4,7	5,7	7,0	5,5	00,8	02,7	04,8
5	3,2	9,7	3,0	5,3	10,3	2,5	05,7	06,8	07,5
6	1,9	5,4	5,0	4,1	8,1	0,3	05,7	05,6	04,2
7	4,0	7,4	4,7	5,3	7,5	3,5	03,0	03,3	04,5
8	4,8	7,3	5,7	5,9	7,4	4,5	05,5	06,9	08,7
9	3,9	11,1	4,7	6,5	11,1	3,5	10,1	10,7	10,7
10	4,3	6,5	3,5	4,7	7,4	4,0	10,3	09,7	09,5
11	2,7	7,7	3,9	4,7	7,9	2,0	07,9	07,9	08,4
12	2,9	6,5	2,3	3,9	6,5	1,5	10,3	11,5	13,6
13	0,4	5,9	0,7	2,3	7,0	0,4	13,6	11,5	09,4
14	2,1	5,8	6,7	4,8	10,6	0,5	02,7	00,6	02,2
15	1,9	4,4	0,2	2,1	4,6	1,9	06,0	08,0	09,6
16	-2,3	0,2	-1,9	-1,3	0,3	-2,3	12,1	13,5	14,1
17	-2,5	3,3	-0,1	-0,2	4,0	-3,7	14,2	11,7	09,2
18	0,8	3,0	2,8	2,2	5,6	-0,5	05,7	04,2	01,7
19	2,2	8,0	4,9	5,3	9,0	1,0	698,3	699,6	698,6
20	3,5	3,8	0,6	2,6	3,8	3,3	698,2	698,9	699,0
21	1,6	4,2	1,0	2,3	4,2	0,5	701,7	702,7	703,3
22	0,2	3,7	2,5	2,1	5,4	-0,3	03,4	04,1	06,8
23	1,9	3,5	3,1	2,8	3,5	1,5	09,7	10,4	09,8
24	3,3	4,3	?	3,8	5,0	2,5	08,6	08,9	09,4
25	4,7	8,3	4,8	5,9	8,6	4,0	08,6	08,5	10,6
26	2,1	8,2	2,5	4,3	8,4	2,0	13,5	14,6	15,0
27	0,1	6,6	1,8	2,8	7,1	0,0	15,0	15,0	15,0
28	-0,2	4,2	1,3	1,8	5,5	-0,3	15,1	15,5	15,0
29	1,1	4,8	0,8	2,2	5,4	1,0	13,4	11,6	10,2
30	1,1	3,4	0,6	1,7	3,4	0,0	708,9	709,2	709,0
Moy.	2,2	5,6	2,8	3,5			707,3	707,4	707,6

Vents . . .	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Ca
Fréquence .	11	8	4	12	5	15	3	2	
Vitesse . .	13.1	5.2	2.6	4.7	5.4	5.6	7.0	5.2	

Extrêmes de température : max. +11°.3 le 2; min. -3°.7, le 17.

Extrêmes de pression : max. 715.5 le 28, à 1 h.; min. 698.2 le 20, à

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 3.35$.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

48° 38' G. 3° 46' 31" E. H. 555.8. h. 1^m.10. H'. 549.

Humid. relative		Pluie	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS			Date.
h.	1 h.	mm.						
84	55	3,0	5,1	—	—	—	—	1
85	55	2,0	7,3	—	4	2	0	2
86	63	—	0,3	—	1	10	10	3
87	94	1,0	—	—	8	10	10	4
88	54	1,0	5,3	—	8	2	0	5
89	75	—	2,3	—	10	6	10	6
90	81	—	—	—	10	8	10	7
91	87	—	—	—	10	10	10	8
92	55	1,0	7,0	—	7	6	5	9
93	78	—	2,0	—	10	5	4	10
94	58	3,0	—	—	8	—	—	11
95	62	—	7,3	—	2	0	0	12
96	57	—	6,2	—	0	2	8	13
97	87	—	1,2	—	10	10	10	14
98	63	5,5	0,3	—	8	7	8	15
99	70	—	1,3	—	6	6	0	16
00	60	—	6,2	—	0	2	8	17
01	90	—	—	—	10	10	3	18
02	75	4,0	—	—	10	8	10	19
03	90	3,5	—	—	10	10	10	20
04	71	1,0	2,0	—	10	10	8	21
05	76	—	0,3	—	7	5	10	22
06	82	8,0	—	—	6	10	10	23
07	88	1,5	—	—	10	10	10	24
08	80	1,0	0,2	—	10	9	9	25
09	60	—	8,1	—	2	2	0	26
10	65	—	7,0	—	0	0	0	27
11	78	—	3,1	—	0	5	5	28
12	68	—	4,0	—	10	5	2	29
13	88	—	—	—	10	10	10	30
72,0		37,5	81,3	—				Moy.

Dates :		1.	4.	8.	11.	15.	18.	22.	25.	29.
température du sol	1 ^m	8,9	8,6	8,4	8,3	7,8	6,9	6,4	6,2	6,0
	0 ^m .5	8,2	7,8	7,4	7,6	6,8	5,2	5,2	5,2	5,2
	0 ^m .25	7,8	7,6	7,2	7,1	6,2	4,0	4,4	5,2	4,8

REMARKS. — Gelée blanche les 3, 12, 22, 27, 28. — Rosée, 29, 30. —
brouillard, 19, 29, 30.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de DÉCEMBRE 1887.

Observateur : D. VAL

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro.			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.	Moy.
1	1,7	3,6	0,0	1,8	5,1	0,0	716,2	718,6	721,4	718,7
2	2,1	3,5	?	0,7	4,0	-2,1	23,9	24,5	23,4	24,1
3	3,5	-1,6	-1,3	-2,1	-0,7	-4,2	21,1	18,7	16,7	18,8
4	0,7	0,4	0,9	0,2	2,1	-1,6	12,8	12,1	11,4	12,1
5	2,0	4,5	4,2	3,6	4,8	0,4	11,7	12,3	12,4	12,1
6	2,2	6,1	4,0	4,1	6,5	2,0	12,3	10,3	08,1	11,6
7	2,9	3,3	0,5	2,2	4,8	2,2	08,9	10,5	12,1	10,5
8	0,5	2,3	1,0	1,3	2,9	0,0	13,8	15,8	13,8	14,5
9	2,9	4,3	6,1	4,4	7,5	0,5	10,3	11,3	10,8	11,1
10	7,5	7,0	8,1	7,5	8,1	4,3	10,3	11,1	11,5	10,8
11	6,1	8,1	0,8	5,0	9,0	6,1	12,6	14,1	14,5	13,1
12	-1,3	6,2	1,4	2,1	6,2	1,5	15,1	15,0	14,8	15,0
13	-1,1	2,6	3,1	1,5	5,8	-2,0	13,7	12,5	11,7	12,6
14	5,8	5,3	4,5	5,2	6,2	1,2	09,7	09,0	08,1	09,0
15	2,9	5,2	3,5	3,9	5,2	2,9	08,3	08,2	10,5	09,0
16	3,7	7,2	4,5	5,1	7,2	3,3	13,8	15,0	14,0	14,3
17	5,7	6,1	5,0	5,6	7,0	4,5	13,8	16,1	16,3	15,4
18	2,9	2,5	1,2	2,2	5,0	2,9	12,9	13,1	13,5	13,2
19	-0,1	0,8	-0,6	0,0	2,7	-0,1	03,2	01,2	05,2	03,1
20	-1,5	-0,7	-1,5	-1,2	-0,1	-2,0	04,3	03,8	03,1	03,7
21	-0,1	1,3	-1,6	-0,1	2,7	-1,5	03,4	03,5	04,9	03,9
22	-3,1	-1,0	+0,3	-1,3	1,3	-4,0	05,0	04,3	04,0	04,4
23	-3,7	-2,5	-5,7	-4,0	-2,3	-3,7	03,8	04,4	05,9	04,4
24	-4,5	-3,1	-3,1	-3,6	-3,0	-7,5	07,3	07,5	07,0	07,3
25	-4,7	1,1	-4,0	-2,5	-	-6,5	09,2	09,5	09,0	09,2
26	-3,1	-2,5	-4,5	-3,4	-1,5	-4,2	06,7	06,0	05,7	06,1
27	-11,1	-7,7	-12,2	-10,3	-6,5	-11,5	04,9	04,5	05,8	05,4
28	-9,5	-8,0	-7,2	-8,2	-6,0	-12,5	08,6	07,6	06,3	07,5
29	-12,1	-9,7	?	-10,9	-9,2	-12,5	05,9	05,7	07,2	06,3
30	-10,7	-6,4	-11,2	-9,4	-5,0	-12,6	08,0	09,8	13,0	10,3
31	-11,1	-4,3	-10,0	-8,5	-2,5	-11,5	13,8	13,7	12,6	13,4
Moy.	-1,2	+1,1	-0,5	-0,3			710,5	710,6	710,8	709,3

Vents . . .	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Cal
Fréquence .	10	7	7	7	2	10	13	6	2
Vitesse . .	18.8	11.6	3.0	5.3	3.0	15.5	14.3	9.0	

Extrêmes de température : Maximum, 9° le 11; minimum, -12° le 30

Extrêmes de pression : Maximum, 724.5 le 2; minimum, 701.2 le 19.

$$\text{Température moyenne : } \frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = -0.3.$$

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

38° G. β. 46° 31'. H. 555,8. h. 1^m.10. H'. 549.

Humid. relative		Pluie	Heures de soleil	Evaporation	OBSERVATIONS			Date.
h.	1 h.	mm.		mm.	CARACTÈRE DU TEMPS			
73	18,0	8,1	—	—	1	0	0	1
58	—	7,0	1,0	—	9	2	3	2
83	—	—	0,4	—	10	10	10	3
95	—	—	0,7	—	10	10	10	4
96	6,0	—	0,2	—	10	10	10	5
70	1,5	—	0,0	—	10	8	10	6
56	4,0	4,2	0,1	—	8	6	0	7
76	1,0	—	0,6	—	8	10	10	8
98	16,0	—	0,2	—	10	10	10	9
95	12,0	—	0,0	—	10	10	10	10
52	9,5	6,0	0,1	—	10	2	0	11
66	—	7,2	0,9	—	0	0	0	12
69	—	2,1	0,8	—	2	6	9	13
70	—	—	1,0	—	10	10	10	14
83	25,0	—	0,2	—	10	10	10	15
69	3,5	2,0	0,9	—	9	8	9	16
70	2,5	—	0,2	—	10	8	10	17
85	0,5	1,2	0,9	—	10	10	8	18
89	2,0	—	1,0	—	10	10	10	19
74	1,0	—	0,8	—	10	10	10	20
58	—	—	1,0	—	10	10	3	21
55	—	4,3	1,0	—	3	2	2	22
66	—	5,3	0,0	—	1	2	0	23
84	—	—	1,0	—	10	10	10	24
48	1,0	5,0	—	—	2	0	8	25
72	—	—	—	—	10	10	10	26
58	—	8,0	—	—	0	0	0	27
85	—	—	—	—	10	10	1	28
60	—	7,1	—	—	0	0	0	29
55	—	7,2	—	—	0	0	0	30
53	—	7,2	—	—	0	0	8	31
23	71,6	103,5	84,3	13,0				Moy.

		Dates :	2.	6.	9.	13.	16.	20.	23.	27.	30.
Température du sol	1 ^m	5,6	5,0	4,8	5,0	4,7	4,8	4,3	3,4	3,0	
	0 ^m .5	4,4	4,0	3,8	4,2	4,3	4,0	3,4	2,0	1,6	
	0 ^m .25	3,6	4,0	3,4	3,6	4,6	3,8	2,4	1,7	1,2	

OBSERVATIONS. — Gelée blanche : 3, 12, 13, 31; — brouillard, 4, 5, 9, 10.

LA TROMBE DU 19 AOÛT 1887

SUR LE LAC LÉMAN

par Ch. DUFOUR, professeur, à Morges.

Le 19 août 1887, vers 7 h. 30 m. du matin, une trombe s'est formée sur le lac Léman; poussée par le vent du sud-ouest, elle a abordé la rive suisse au point appelé les *Deux Guérites*, au dessous du Dézaley, à 1 kilom. à l'ouest de la station de Rivaz. En ce moment, la trombe s'est subitement coupée et a disparu.

Aussitôt que j'eus connaissance de l'apparition de ce phénomène, je me rendis sur place pour recueillir tous les renseignements possibles.

Je consultai d'abord l'équipage du bateau à vapeur *le Dardavin*, qui était dans ces régions. La trombe a passé devant le bateau, suivant une route oblique à celle du navire. Il y eut même un moment où, dans l'ignorance où l'on était sur la marche de la trombe, le pilote fut un peu inquiet pour son bâtiment. Il est clair qu'il pensait alors plus à la manœuvre qu'à suivre la marche de sa montre pour faire une étude scientifique du phénomène; mais d'après le chemin parcouru par le bateau entre le moment où l'on a aperçu la trombe et celui où elle a disparu, on peut estimer qu'il s'est écoulé 8 minutes. Le pilote dit positivement qu'il a *vu l'eau s'élever*.

Quand la trombe a disparu, le bateau était au Treytorrens, à 800 m. en arrière; il est possible que, quelques minutes auparavant, il ait été à une distance plus faible.

Au point où la trombe a fini, le chemin de fer suit le rivage du lac, dont il est distant seulement de quelques mètres. Un cantonnier, M. Cordey, faisait en ce moment son service sur la voie. Il était près du point où la trombe a fini; il dit qu'elle a passé à moins de 100 m. de lui et qu'ainsi il l'a très bien vue; il dit aussi que *l'eau montait*, et c'est l'opinion de tous les ouvriers qui travaillaient en ce moment près de M. Cordey.

Tous reconnaissent que la trombe a cessé en touchant le rivage. Ainsi on ne voit aucun dérangement dans les vignes qui arrivent presque jusqu'au lac et qui n'en sont séparées que par le chemin de fer.

Le chemin de fer lui-même n'a aucun mal.

Quand la trombe a fini, elle a paru se retirer dans le ciel avec une partie inférieure assez mince. Pour me servir de la comparaison d'un témoin oculaire, elle avait alors l'apparence d'un serpent qui retire sa queue.

Toutes les personnes de la contrée me disent qu'en ce moment le ciel était couvert, mais nullement orageux; il n'y avait ni éclairs ni tonnerres; plus tard il est tombé un peu de pluie; cependant, les ouvriers du chemin de fer ont éprouvé une forte averse dans le voisinage immédiat de la trombe.

Les renseignements les plus complets m'ont été fournis par M. Charles Testuz qui demeure au Treytorrens, c'est-à-dire à 800 m. du point où la trombe s'est terminée.

Voici ce que m'écrit M. Testuz :

« Je n'ai pas vu le commencement de la trombe; lorsque je l'ai aperçue, elle était à 400 m. ou 500 m. environ du bord du lac et semblait arriver directement sur notre maison, quand tout à coup la colonne changea de direction pour se diriger au nord-est, longea le lac à 200 m. du bord pour aller se perdre dans les vignes au-delà du Dézaley. Je n'ai pas remarqué trace de son passage dans les vignes; il paraît que, en sortant de l'eau, la colonne s'est immédiatement élevée.

« C'était la première fois que je voyais une trombe, ce spectacle était vraiment magnifique.

« Lorsque la colonne était sur le lac, l'eau avait un mouvement de rotation vertigineux, tel qu'on aurait dit plusieurs roues de bateaux à vapeur. La base de la colonne ressemblait à de la fumée, même assez opaque, qui tourbillonnait, puis s'élevait en spirale, formant parfois une espèce de cornet ou de cône renversé qui allait se perdre dans les nuages.

« La colonne était assez inclinée: lorsque le pied se trouvait devant le Treytorrens, le sommet semblait arriver sur le village de Chexbres. »

Pour l'intelligence des lecteurs qui ne connaissent pas la localité, je dirai que le Treytorrens est au sud-ouest de Chexbres. Et comme la trombe du 19 août était chassée par le vent du sud-ouest, l'inclinaison indiquée par M. Testuz est une preuve que la partie supérieure allait plus rapidement que la partie inférieure; ou, si l'on veut, que cette partie inférieure traînait sur le lac.

M. Despond, chef de district au chemin de fer, et M. Arnaud, chef d'équipe, ont vu l'un et l'autre la trombe de très près. Ils disent que la partie inférieure n'avait pas l'apparence d'une nappe liquide, mais plutôt celle d'une masse écumeuse ou nuageuse, formée par les gouttes d'eau qui montaient. Le tout avait un mouvement de rotation très rapide dans le même sens que les aiguilles d'une montre; mais, derrière la trombe, une grande quantité d'eau retombait sous forme d'une pluie abondante.

M. Despond a fait une observation d'une grande importance. Il a remarqué que la trombe s'était formée sur le lac, au point de rencontre de deux vents: le vent du sud, appelé vulgairement *la vaudaire*, qui souffle, souvent avec une grande violence, dans la partie orientale du lac, et le vent d'ouest, qui souffle dans la partie occidentale; la route suivie par la colonne était précisément la ligne de démarcation de ces deux vents.

MM. Despond et Arnaud disent que la partie tout à fait inférieure de la trombe n'avait pas plus de 2 m. à 3 m. de diamètre, mais qu'elle s'élargissait très rapidement. A bord du *Dauphin* plus éloigné, on avait estimé ce diamètre beaucoup plus grand mais il est probable que, du bateau à vapeur, on ne distinguait pas la partie inférieure qui était la plus étroite.

Il a été possible de déterminer approximativement la hauteur de cette trombe. En effet, son commencement a été vu par MM. Despond et Arnaud qui étaient alors éloignés de 1900 m. Chacun d'eux a pu indiquer quel était, sur la rive opposée, le point situé dans la direction de ce commencement. On peut donc avoir ici une parallaxe, et l'on trouve que la trombe a commencé sur la ligne qui va de la partie orientale de Cully à la Tour-Ronde en Savoie, à 5500 m. de la côte suisse. D'après les observations de M. Testuz, on a la direction de la colonne jusqu'au point où cette direction a changé, et l'on trouve ainsi qu'elle a passé à 1600 m. au large de Cully. En ce moment, plusieurs personnes de cette localité étaient au bord du lac pour le passage du *Dauphin*; elles ont estimé que la trombe avait la hauteur apparente du mont Arvel, situé près de Villeneuve, qui était alors derrière la colonne. De Cully au mont Arvel, il y a 20,200 m., et en ce point cette montagne est à une altitude de 1700 m. En tenant compte de l'élévation du lac Léman au-dessus de la mer, ainsi que de l'effet de la rondeur de la terre, on arrive à une hauteur de 102 m.; ajoutons, si l'on veut, 4 m. pour l'élévation des observateurs au-dessus du lac, on arrive à 106 m. pour la hauteur de la colonne.

En prenant au maximum les erreurs d'appréciation qui se produisent nécessairement dans l'observation d'un phénomène de cet ordre, je ne crois pas qu'il puisse en résulter une différence de plus de 20 m. sur la hauteur de cette colonne; par conséquent, nous avons une indication, au moins très approximative, de la hauteur d'une trombe comme celle qui s'est produite sur le lac Léman dans la matinée du 19 août 1887.

On a vu souvent des trombes sur le lac Léman. Ainsi le pilote du bateau à vapeur l'*Helvétie* m'a dit en avoir vu une en 1883; elle présentait le même aspect, mais elle était moins grande que celles qu'il avait vues, étant matelot, sur l'Atlantique et dans les mers de la Chine.

Au dire des pilotes des bateaux à vapeur, elles sont plus fréquentes devant Rivaz et devant Cully que dans les autres parties du lac; et, comme le fait observer M. Mercanton, de Cully, elles apparaissent toujours au point où il y a conflit entre le vent du sud et le vent d'ouest.

Au point où celle du 19 août a été déviée, il y a encore quelque chose de particulier pour le vent du nord, il se divise en plusieurs courants qui suivent des directions différentes. Ainsi quand souffle le vent du nord, un bateau partant de Cully peut aller dans toutes les directions. Ce fait curieux est produit par une espèce d'épanouissement du vent du nord, précisément au point où la trombe du 19 août a changé de direction.

En 8 minutes, cette trombe a parcouru environ 6100 m., dont 5300 en passant devant Cully, se dirigeant sur le Treytorrens, et 800 m. depuis le point où elle a tourné, devant ce groupe de maisons, jusqu'à ce qu'elle ait pris fin au Dézaley. Cela fait donc 760 m. par minute, la vitesse d'un train express. On comprend, d'après cela, qu'un témoin oculaire ait pu écrire dans les journaux qu'elle avançait sur le lac avec une telle rapidité qu'elle aurait devancé les paquebots les plus rapides de la Compagnie générale de navigation.

On pourrait croire que la colonne avait plus de 106 m. de hauteur, puisque M. Testuz écrit que *le sommet lui semblait arriver sur le village de Chexbres*. Mais je comprends sa lettre en ce sens que le sommet de la colonne était dans la direction de Chexbres, car depuis le Treytorrens on ne peut pas voir ce village. Et en réalité, à Chexbres, on n'a pas vu la trombe.

Le 19 août 1887, à 8 h. du matin, le baromètre était à sa hauteur moyenne, le ciel était couvert; à Morges, le thermomètre

était à 14°. Jusqu'à Cully il faisait un léger vent du sud-ouest mais depuis Rivaz, le *Dauphin* a eu quelques vagues de vaudair.

Cependant, pour avoir une connaissance générale du temps qu'il a fait sur le lac, j'ai demandé à la direction de la Compagnie des bateaux à vapeur de bien vouloir me communiquer la partie météorologique des rapports que les capitaines des bateaux avaient adressés pour le 19 août. Cette direction a eu l'obligeance de m'envoyer ces documents ; ils concernent les 12 bateaux à vapeur qui, ce jour-là, étaient en course sur le lac. De l'examen de ces pièces, il résulte qu'il serait difficile de trouver un jour pendant lequel le temps ait été plus variable, non-seulement d'une heure à l'autre, mais d'un point à l'autre du lac.

De l'ensemble de ces renseignements, ajoutés au dire des personnes qui ont vu la trombe, ainsi qu'à mes notes et à mes souvenirs personnels recueillis immédiatement après le 19 août, on peut conclure que ce jour-là, sur le lac Léman, il faisait temps couvert ; un peu de pluie, et de temps en temps, par par là, un peu de vent ; mais ce vent n'a jamais été fort, et nullement gêné la marche des plus petits bateaux à vapeur de la Compagnie de navigation.

Si j'ai pu réussir à avoir des renseignements aussi complets sur la trombe du 19 août, je le dois au grand nombre d'observateurs intelligents qui l'ont vue et qui se sont trouvés admirablement placés pour que l'on ait pu avoir une description exacte de ce phénomène.

Quand on aurait prévu cette trombe à l'avance, comme l'on prévoit une éclipse de soleil, on n'aurait pas trouvé de meilleures stations pour les observateurs que celles qui étaient occupées par MM. Testuz, Despond, Arnaud, Cordey, par le bateau à vapeur le *Dauphin* et par les habitants de Cully réunis sur le port pour le passage de ce bateau.

Avec son encadrement de montagnes, le lac Léman se présente dans des conditions exceptionnellement favorables pour l'étude de ce phénomène. Il est possible de voir les trombes depuis divers points du rivage comme cela a eu lieu le 19 août, et d'obtenir ainsi des parallaxes. Et, en rapportant la hauteur de la colonne à celle des montagnes devant lesquelles elle passe, on peut calculer approximativement sa hauteur. Tout cela est plus sûr et plus facile quand l'observation peut se faire depuis la terre ferme au lieu d'être faite à bord d'un navire.

DISCOURS

prononcé par M. H. BLANC, Président de la Société vaudoise des Sc. Nat.,
à l'ouverture de la séance annuelle du 20 juin 1888.

Messieurs,

J'aurais aimé, dans le rapport que le président en charge est venu de présenter, à pareille époque, sur la gestion du comité et sur la marche de la Société, n'avoir à vous faire part que de bonnes nouvelles. Hélas! la mort implacable a passé dans le sein de notre famille, nous enlevant trois de ses honoraires distingués et l'un de ses membres actifs les plus dévoués. J'ai nommé nos honoraires de Barry, Planchon, Heyden et feu le professeur Jules Marguet.

Permettez-moi de rappeler en quelques mots quelle fut l'activité de ceux que vous aviez jugés dignes de figurer dans notre petite phalange d'honoraires.

Henri-Antoine de Barry naquit en 1831 à Francfort-sur-le-Main. Au collège, il témoigna déjà de l'amour pour les choses de la nature, pour la botanique en particulier, cette science qu'il devait enseigner et faire progresser plus tard avec distinction. Après avoir terminé ses études, il essaya de pratiquer la médecine, mais il abandonna bientôt cette profession pour revenir à ses premières amours. C'est pour cela que nous le voyons sous la qualité de *privat docent*, auprès de Hugo von Mohl, à l'Université de Tubingue. En 1855, de Barry est appelé comme professeur de botanique à Fribourg en Brisgau; en 1867 il suit un appel à Halle. Enfin, en 1872, il est appelé à Strasbourg où, pendant quinze ans consécutifs, il ne cesse de déployer une activité incomparable pour la science et pour son enseignement, suivi d'une quantité d'élèves venus de tous les coins du monde, je ne peux pas énumérer ici les nombreux travaux publiés par ce savant, je citerai cependant trois de ses ouvrages, vrais monuments scientifiques, fruits de nombreuses années de recherches assidues, d'un labeur continu, ce sont : *Morphologie Physiologie der Pilzen*. — *Vergleichende Anatomie der*

vegetativen Organen der Phanerogamen und Farnen, et Vorlesungen über Bacterien.

Dans le domaine des champignons, de Barry a dépassé, sans conteste, tous ses prédécesseurs. Après avoir démontré avec évidence que ces organismes sont bien des plantes, il suit le développement d'un grand nombre d'entre eux, ce qui l'amène à remanier complètement la systématique de ce groupe de cryptogames encombrée de noms d'espèces donnés avant lui à des formes ne représentant que des phases évolutives d'une seule et unique espèce.

En la personne de J.-E. Planchon, professeur à la Faculté de médecine de Montpellier et directeur du jardin botanique de cette ville, c'est encore un botaniste distingué que la mort nous a enlevé le 1^{er} avril de cette même année, à l'âge de 66 ans. Né en 1823, en pays des Cévennes, Planchon fait un stage en pharmacie, après avoir obtenu son baccalauréat ès lettres; il aime tellement à courir la campagne pour herboriser, qu'il s'arrange avec ses collègues, en stage comme lui, pour se lever pendant la mauvaise saison avant le jour, pour balayer et mettre en ordre dans la pharmacie, afin de pouvoir herboriser comme il lui plaira en été. En 1844, il prend son grade de docteur ès sciences; c'est alors qu'il quitte la France pour suivre, à Kiew, le botaniste Hooke, qui lui confie la surveillance de l'herbier bien connu de cet établissement.

De 1849 à 1851, il enseigne à l'école d'horticulture de Gand fondée par van Hault. En 1852, il rentre en France pour enseigner, quelques mois seulement, à la Faculté des sciences de Nancy, puis à Montpellier qu'il ne quittera plus.

Les mémoires publiés par Planchon sont nombreux; peut-être que plusieurs d'entre vous se souviennent aussi des articles intéressants, attrayants, publiés par lui dans la *Revue des deux Mondes*, sur le phylloxera, les vignes américaines, la truffe.

Le nom de Planchon est, en France du moins, aussi répandu que celui des Chevreul, des Pasteur, car, si on lui doit la découverte du phylloxera, les viticulteurs français lui doivent, en grande partie, la reconstitution partielle, par le moyen de la vigne américaine, de leurs vignobles ravagés.

Tous savent aussi avec quelle persévérance Planchon a lutté pour son œuvre, mal accueillie au début, uniquement parce que celui qui la défendait était un descendant de cette vaillante et grande famille, les Huguenots.

Aussi modeste que savant, Planchon ne rechercha jamais les honneurs; il ne reçut que ceux qu'on voulut bien lui offrir. Quoique membre correspondant de l'Académie des sciences et de l'Académie de médecine, je puis vous affirmer (et je tiens ce détail d'un de nos membres qui fut en relation avec Planchon) qu'il ne fut pas indifférent au titre d'honoraire que lui conféra la Société vaudoise des sciences naturelles et qu'il considéra toujours cette distinction comme un véritable joyau.

Ferdinand Vandever Hayden, dont nous déplorons la perte, était géologue. Né à Westfield (Mass. U. S.) en 1829, il passa les premières années de sa vie dans l'Ohio. Après avoir obtenu ses grades universitaires, il accompagna M. F.-B. Meek dans une exploration des « mauvaises terres » de Nebraska et explora cette contrée, ainsi que le Kansas, pendant deux années consécutives, recueillant des vertébrés fossiles excessivement intéressants. En 1856, Hayden commença, sous les auspices du gouvernement, toute une série d'investigations dans les territoires de l'Ouest; les résultats en furent si précieux et si importants, qu'en 1867 le gouvernement choisissait Hayden comme géologue officiel pour tous les territoires des Etats-Unis. Pendant douze années, il ne cessa de s'occuper de ces contrées, et son labeur est représenté par une série de beaux volumes dans lesquels Hayden fait l'orographie, l'ethnologie, la géologie et la paléontologie, l'histoire naturelle, en un mot, de toutes les contrées visitées par lui.

Hayden restera un des plus habiles pionniers dans l'étude de la géologie et de la paléontologie des territoires de l'Ouest, grâce à l'énergie et à la largeur d'esprit que ce savant ne cessa d'apporter dans les importantes explorations qui lui furent confiées.

Messieurs, que le souvenir de nos honoraires qui ne sont plus, de carrières si bien remplies, reste gravé dans nos cœurs.

Mais c'est un membre actif, dévoué et distingué, que nous avons perdu, il y a quelques mois seulement, en la personne de feu le professeur J. Marguet. Vous l'avez tous connu, Messieurs; vous avez pu apprécier les qualités de son caractère essentiellement bon, bienveillant, comme aussi son grand savoir, sa persévérance au travail. Entré dans la Société en 1856, il ne cessa, dès lors, d'y déployer une activité remarquable. La belle série des observations météorologiques faites par lui pendant douze années consécutives n'est-elle pas pour nous la preuve la plus

patente de cette activité? Je pourrais vous en citer d'autres, ne le ferai pas, le comité ayant décidé de consacrer à la mémoire de celui qui fut notre membre actif, un article nécrologique de notre Bulletin. M. le syndic Cuénoud a bien voulu accepter rendre, en notre nom, le témoignage de respect que nous vions à la mémoire de celui que la mort a ravi à sa chère famille et à notre Société.

Six démissions sont encore venues diminuer le nombre de membres actifs pendant l'année qui vient de s'écouler, celles MM. Marguerat, Rouillard, Hirzel, Addor, Berney, Bertho par contre, MM. Gauthier, Mayor, Ganty ont été reçus membres de notre Société.

Avec les nouveaux membres que vous venez de recevoir le nombre total des membres actifs est aujourd'hui de 218.

Vous êtes, sans doute, très étonnés, Messieurs, de ne pas avoir reçu de Bulletin cette année; j'avoue que votre étonnement est légitime, le dernier Bulletin, n° 96, étant sorti de presse en septembre 1887. Le n° 97, que vous avez attendu si patiemment, enfin là, le voici; ce Bulletin aurait certainement pu sortir plus tôt de presse, si des mémoires promis par les auteurs avaient remis à temps à M. Roux, l'éditeur de notre Bulletin. Ce retard est donc dû à des circonstances complètement indépendantes du comité et de l'éditeur du Bulletin; soyez assurés qu'il ne se renouvelera pas de si tôt, puisque onze mémoires, dont quelques-uns accompagnés de planches, sont à l'heure qu'il est prêts à être portés à l'imprimeur.

Un nouveau Bulletin paraîtra donc sous peu; votre comité a prévu qu'un troisième pourra voir encore le jour cette année à l'assemblée générale de décembre. Chaque Bulletin contiendra dorénavant les procès-verbaux de la période correspondante.

Qu'on s'en souvienne, Messieurs, notre publication, quelque modeste qu'elle soit, doit être de notre part l'objet d'une sollicitude toute particulière. Nous ne devons pas oublier que notre Bulletin est l'essence de nos travaux, de notre activité toute entière, que nous devons en faire part aux membres très nombreux qui ne peuvent assister régulièrement à nos séances et à nos discussions scientifiques. Nous ne devons pas oublier que c'est grâce à notre Bulletin que nous augmentons tous les jours nos relations d'échange, que notre bibliothèque s'enrichit.

Le nombre total des Sociétés avec lesquelles nous sommes en relations d'échanges est de 247. En 1886, il était de 225; il

en augmentation notable. Notre modeste publication est donc, nous venons d'en donner la preuve, appréciée à l'étranger; ne la négligeons pas et vouons-lui tous nos efforts, afin de lui conserver le bon rang qu'elle occupe parmi celles de nos sociétés sœurs. C'est le seul bijou de notre cassette, savamment taillé par nos prédécesseurs, sachons lui conserver toute sa beauté, tout son éclat.

Je viens de dire que notre bibliothèque s'enrichit tous les jours; cela est si vrai que le comité a dû faire établir cette année de nouvelles étagères, afin que notre vaillant bibliothécaire, M. Mayor, pût faire un peu de place autour de lui. Le moment n'est pas loin, Messieurs, où nous serons forcés de chercher un local plus vaste pour notre bibliothèque. Ne serait-il pas prudent de notre part de ne pas attendre à la dernière heure pour nous occuper de cette question importante du transfert éventuel de notre bibliothèque dans des locaux plus vastes?

Quelques mots encore sur l'état actuel de nos finances, dont vous avez le résumé, et sur lesquelles le rapporteur de la commission de vérification des comptes vous donnera tout à l'heure plus de détails.

L'année passée, à l'assemblée générale de décembre, votre président, M. le professeur Charles Dufour, vous annonçait que notre ancien caissier nous avait fait subir une perte sèche de 4858 fr. 75.

Comment se fait-il aujourd'hui que, malgré cette perte, notre fortune soit supérieure à celle que nous avions l'année passée, nos dépenses étant restées à peu de chose près les mêmes? Grâce au compte des titres qui solde par un boni de 3092 fr. 40. La Société a dû vendre des titres en 1887 pour une valeur de 5000 fr. et en acheter pour 2036 fr. 35. Le bénéfice réalisé dans la vente, ajouté à la plus-value des titres achetés représentée par la cote au 31 décembre 1887, voilà ce qui précisément constitue le boni de 3092 fr. 40 et ce qui fait que notre capital ne se trouve être diminué que de 1028 fr. 01, malgré la perte subie de 4858 fr. 75.

Mais ce boni est en partie fictif, puisqu'il est basé sur des titres cotés dont la valeur peut varier d'un jour à l'autre. Si, comme vous venez de l'entendre, notre fortune n'est pas sortie trop ébréchée de la faillite de L.-A. D., notre ancien caissier, est à notre ancien président, M. Charles Dufour, que nous devons ce résultat inattendu. Je crois être votre interprète à tous

en adressant de chaleureux remerciements à celui qui l'année 1887, a veillé de si près pour sauvegarder la f la Société.

Je termine, Messieurs, en vous souhaitant à tous la b Continuons à travailler en commun, à étudier la na toutes ses manifestations grandioses, cherchons à en d secrets, afin de nous débarrasser de ce long cortège de qui nous obsède, et nous contribuerons, nous aussi, à sphère, au bien de notre cher canton de Vaud et de notre patrie.



R É S U M É

DES

COMPTES POUR L'ANNÉE 1887

Compte général.

RECETTES

Contributions d'entrée, celles perçues	Fr.	25 —
Contributions annuelles pour 1887	»	1,800 —
Jetons vendus	»	115 30
Arrêts perçus	»	3,675 15
Revenues extraordinaires	»	200 —
Montant des titres, solde de ce compte	»	3,092 40
Total. Déficit de l'année	»	1,028 01
	Fr.	9,935 86

DÉPENSES

Jeton, impression, brochage	Fr.	2,520 95
Bibliothèque. Traitement, frais	»	217 43
Administration, frais divers	»	1,092 93
Laboratoire	»	55 —
Montant de loyer	»	400 —
Salaires de Rumine, achats de livres	»	790 80
Perte de l'ancien caissier A.-L. D., perte subie	»	4,858 75
	Fr.	9,935 86

Bilan au 31 décembre 1887.

ACTIF

	Rates d'intérêt.	Capital.
Argent déposé à la Banque cantonale vaudoise :		
Prêt lég. Desplands de 1000 fr., à 4 1/2 %	Fr. 231 25	10,000 —
Prêt lég. S. O. 1878, de 500 fr., à 4 %	» — —	28,077 50
Prêt Emprunt vaudois de 1879, de 500 fr., à 4 %	» 115 90	7,000 —
Prêt lég. Emprunt Wyssbrod, de 1000 francs, à 4 1/4 %	» 243 65	12,000 —
A reporter	Fr. 590 80	57,077 50

	Rates d'intérêt.	Capital.
Beport	Fr. 590 80	57,077 50
1 oblig. Caisse hypothéc., de 500 fr., à 4 %	» — 85	500 —
12 délég. Ritter, de 1000 fr., à 4 1/4 %	» 268 50	12,000 —
5 » Wanner, de 1000 fr., 4 1/4 %	» 103 10	5,000 —
4 oblig. Ville de Payerne, de 500 fr., à 4 %	» 10 —	2,000 —
Valeur des titres		76,577 50
Rates d'intérêt	Fr. 973 25	973 25
Solde redû au 15 septembre 1888 par A.-L. Dutoit.		362 50
Banque cantonale vaudoise, en compte-courant.		3,246 65
Débiteurs divers, loyer de la Soc. d'agricult., etc.		330 30
Caisse, solde au 31 décembre 1887		275 49
	Fr.	81,765 69

PASSIF

Créditeurs divers. Soldes	Fr.	844 30
Capital, Compte nouveau	»	80,921 39
	Fr.	81,765 69

Certifié conforme au Grand-Livre.

Lausanne, le 14 juin 1888.

Pour le Comité :

L. PELET, prof. de comptabilité.

RAPPORT

des commissaires-vérificateurs à l'assemblée générale
de la Société vaudoise des sciences naturelles.

La commission de vérification des comptes avait été composée, au début, de MM. de Sinner, de Blonay et Golliez. Le premier, M. de Sinner, s'étant trouvé dans l'obligation de demander à la Société son remplacement, le Comité a présenté à la Société, qui l'a accepté, M. Renevier, membre du Comité financier.

Les trois commissaires se sont réunis le 9 juin au local de la Bibliothèque, pour y procéder aux opérations régulières du pointage.

Notre caissier, M. Kraft, ainsi que M. Pelet, notre comptable, assistaient au contrôle, afin de renseigner les commissaires sur les points douteux.

Nous avons pointé presque tous les comptes et l'ensemble des écritures principales que nécessite notre comptabilité; nous en avons reconnu la parfaite exactitude, ainsi que celle du *Bilan* et du *Compte général*, qui vous sont présentés ici même.

Au cours de son contrôle, la commission a reconnu l'utilité qu'il y aurait pour la Société de faire établir un *compte de Rentier*, afin d'être, à chaque instant, à même de vérifier la perception des intérêts à la Banque.

L'organisation nouvelle, qui fonctionne depuis la faillite de notre ancien caissier, nous a également amené à vous soumettre un vœu à l'égard de notre administration financière. Ce serait : d'étudier un système qui nous permit de réduire à son minimum le travail du caissier actuel, en ordonnant, par exemple, tous les paiements par des chèques sur la Banque. Il ne resterait à la charge du secrétaire que la rentrée des cotisations et des abonnements à faire.

La commission a contrôlé l'état de la bibliothèque de la Société. Elle n'y relève que de bonnes choses à dire, comme l'augmentation rapide de son contenu et son ordre parfait. Le catalogue manuscrit, soit celui des acquisitions faites depuis la publication du dernier catalogue, est déjà volumineux et il faudra dans peu de temps songer à en faire la publication. Il est sorti en lecture, cette année, 312 volumes, 256 brochures et 36 cartes. Ce mouvement est en augmentation sur le précédent exercice.

En résumé, nous vous proposons, Messieurs :

- 1° D'inviter le Comité à faire établir un compte de Rentier ;
- 2° " à faire une étude du remaniement des fonctions du caissier ;
- 3° D'approuver les comptes présentés par le Comité ;
- 4° De donner décharge à vos commissaires-vérificateurs pour l'accomplissement de leur mandat ;
- 5° De voter des remerciements au Comité, au caissier et à M. Pelet, notre comptable, qui a débrouillé avec un soin tout particulier notre situation ; enfin au bibliothécaire.

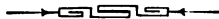
Lausanne, le 9 juin 1888.

Le Rapporteur, H. GOLLIEZ.

Contresigné :

E. RENEVIER, prof.

H. DE BLONAY, ing.



2

Pro

erph
Guth
CH
can
REL
s d
a n

Co

ren
les cellu
sur le
des
un rés
de form
éale o
facile à
du co
naire,
aussi
sont par
le lap
du no
les un
dit e
faisa
cellule
omo
le p
on, p
ation,
trait
tant
ent,
parto
lles

PROCÈS-VERBAUX

SÉANCE DU 2 NOVEMBRE 1887.

Présidence de M. Ch. DUFOUR, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. Louis Gauthier, maître de sciences au collège du Chenit, présenté par MM. Charles Bertholet, forestier, et Dr Schardt, est proposé comme candidat.

M. F.-A. FOREL fait, au nom de M. le Dr Pavaro, à Padoue, un appel aux personnes qui pourraient en posséder, pour des documents devant servir à une nouvelle édition des œuvres de Galilée.

Communications scientifiques.

M. N. Lœwenthal fait une communication sur le protoplasme réticulé des cellules interstitielles de l'ovaire. Il n'est pas rare de rencontrer, sur les coupes de l'ovaire de la chatte, de la chienne ou de la lapine, des cellules interstitielles dont le corps paraît être subdivisé par un réseau protoplasmique plus ou moins serré en petits champs, de forme arrondie, oblongue ou polygonale. Cette conformation spéciale des cellules interstitielles est particulièrement fréquente et facile à constater chez la chatte. Elle est due au fait de l'infiltration du corps de la cellule par des globules qui prennent la coloration noire, non-seulement dans les solutions d'acide osmique pur, mais aussi dans les mélanges chromo-acéto-osmiques. Ces globules sont particulièrement grands chez le chat, beaucoup plus petits chez le lapin. Ils sont disposés avec beaucoup de régularité tout autour du noyau; ils augmentent de volume et arrivent presque en contact les uns avec les autres; il en résulte que le protoplasme proprement dit est réduit à une charpente cloisonnée et délicate. La méthode faisant ressortir le mieux ces particularités de structure des cellules interstitielles consiste à fixer les pièces par le mélange chromo-acéto-osmique; à colorer les coupes par la safranine d'après le procédé de Flemming, et à les transporter, après déshydratation, pour quelque temps dans l'essence de térébenthine. Soumis à ce traitement, les globules noircis par l'osmium se dissolvent en grande partie et deviennent invisibles; certains d'entre eux persistent, mais leur coloration noire perd beaucoup de son intensité; parfois le corps cellulaire tout entier prend une légère teinte d'un lilas plus ou moins foncé.

M. F.-A. Forel fait la communication suivante :

Deux observations, que j'avais faites en 1886 dans la grotte naturelle du glacier d'Arolla, avaient montré que la température de la glace était inférieure à zéro. L'eau des trous forés dans la paroi se congelait au bout de quelques jours; les parois de la chambre de neige étaient recouvertes de cristaux de sublimation, givre en trémies à base hexagone. Le professeur Ed. Hagenbach, de Bâle, avait fait une détermination provisoire de la température de la glace, qu'il avait trouvée inférieure à zéro de quelques centièmes de degré.

Pour vérifier ces faits, nous sommes retournés à Arolla, M. Hagenbach et moi, en août 1887, munis de thermomètres spéciaux, divisés en centièmes de degré centigrade et permettant la lecture du millièmes de degré.

Toutes corrections faites, nous avons trouvé la température de la paroi de glace, à 45 centimètres de profondeur, variable, suivant les stations, de -0.002° à -0.031° .

Nous écartons l'idée que cette température inférieure à zéro serait due, soit à l'impureté de la glace, soit à la conservation du froid de l'hiver. Nous arrivons à la conclusion qu'elle est due à la pression des couches supérieures du glacier, pression qui abaisse le point de fusion de la glace de 0.0075° par atmosphère.

M. Forel fait cadeau au musée des deux thermomètres dont il s'est servi.

M. HENRI DUFOUR remercie M. Forel et de sa communication et des thermomètres.

M. **Henri Dufour**, prof., présente, au nom de MM. Borel et Paccaud, un nouveau compteur d'électricité. L'appareil est formé d'un conducteur mobile pouvant tourner autour d'un axe vertical dans un champ magnétique produit par des électro-aimants. Le courant à mesurer passe dans les électro-aimants et dans le conducteur; il en résulte un couple-moteur qui entraîne l'équipage mobile avec une vitesse de rotation proportionnelle, entre certaines limites, à l'intensité du courant à mesurer.

M. **Henri Dufour**, prof., présente un nouvel hygromètre à condensation intérieure, basé sur le même principe que celui de M. Crova, mais de construction et de maniement plus faciles. Cet appareil peut aussi servir d'hygromètre à condensation directe à l'air libre. (Voir aux mémoires.)

M. **Favrat** apporte une nouvelle plante non encore décrite par la flore générale, qu'il nomme *Euphrasia Christi Favrat*. Les fleurs sont dorées. M. Favrat l'a trouvée au val Maggia (Tessin).

M. **Herzen**, prof., communique quelques-unes de ses observations sur la fatigue des nerfs. Tous les tissus vivants se décomposent sans cesse et d'autant plus qu'ils sont plus actifs; c'est là le principe fondamental sur lequel repose toute la biologie actuelle. Or, dans ces derniers temps, Wedenski, à Pétersbourg, et Bowditch, à Boston, ont soutenu que les troncs nerveux font exception à cette règle, ne se fatiguent pas en travaillant et sont inépuisables, de telle sorte que, lorsque le muscle, animé par le nerf que l'on tétanise, ne

se contracte plus, c'est l'organe périphérique, et non le nerf lui-même qui est épuisé.

Wedenski s'est servi d'une méthode appliquée d'abord sans succès par Bernstein, en la modifiant pour en mitiger les inconvénients; Bowditch a eu recours à une méthode complètement différente en apparence, peut-être très semblable au fond. Le bout central du sciatique est irrité par les secousses d'induction d'un appareil de DuBois-Reymond; il s'agit d'intercepter la transmission de l'activité nerveuse dans le voisinage du muscle, afin que celui-ci reste au repos, et d'enlever de temps à autre, ou au bout d'un certain temps, l'obstacle introduit, pour voir si le nerf agit encore; s'il agit encore, le muscle entrera en tétanos.

Pour introduire l'obstacle en question, Wedenski se sert d'un courant de pile, appliqué au nerf tout près du muscle; Bowditch emploie l'empoisonnement par le curare. L'un et l'autre croient que pendant toute la durée du passage du courant constant ou de l'influence du curare, le nerf, toujours excité, est toujours actif; mais cela est-il bien certain? Ne se pourrait-il pas, au contraire, que les courants de pile très forts et l'intoxication curarique très profonde et très prolongée que ces expériences nécessitent, fussent un obstacle non-seulement à la transmission de l'activité nerveuse dans un trajet périphérique du nerf, mais à la production même de cette activité dans toute la longueur des fibres? En vue de l'influence électrotonique des courants de pile, toujours déprimante lorsqu'ils sont très forts, et de la résistance croissante à la transmission que le curare introduit peu à peu dans les nerfs, il est non-seulement permis de supposer, mais très probable que, dans les deux expériences en question, le nerf, loin d'être actif tout le temps, ne le devient réellement que lorsque le courant de pile est interrompu ou lorsque le curare est déjà presque entièrement éliminé¹; de sorte qu'au fond, les deux expériences sont illusoire.

M. Herzen croit que pour arriver à une conclusion moins incertaine, il faut éviter l'emploi du curare et surtout de l'irritation et de la polarisation électriques prolongées, l'un et l'autre introduisant des phénomènes étrangers à la question et qui la compliquent singulièrement (électrotonus, interférences, phénomènes d'arrêt, etc.), et recourir à un moyen qui produise rapidement une suractivité violente des nerfs moteurs, sans agir directement sur eux; ce moyen, c'est la strychnine, dont l'action excitante sur les centres nerveux se manifeste par des accès de tétanos avec des doses bien plus petites et avec un temps bien plus court que son action déprimante sur les troncs nerveux. Voici comment il procède :

Sur des animaux éthérisés (chiens, chats et lapins), il met à nu les deux nerfs sciatiques et en sectionne un; une incision de la peau au niveau du gastrocnémien permet d'exciter ce muscle directement avec les électrodes d'un appareil de DuBois et de déterminer le minimum de l'irritation nécessaire pour produire de petites secousses dans les faisceaux irrités, puis il empoisonne l'animal avec de la strychnine de façon à produire un tétanos suffisamment violent pour que l'animal succombe dès le premier ou le deuxième

¹ Voir A. Herzen : « L'irritabilité musculaire et la rigidité cadavérique », *Semaine médicale*, 24 novembre 1886.

accès; le nerf coupé ne prend pas part à la violente activité des autres nerfs et l'extrémité correspondante ne prend pas part au tétanos. Maintenant il s'agit de savoir si la suractivité ainsi produite a fatigué le sciatique non coupé; on excite les deux nerfs de la même manière avec l'appareil de DuBois; le nerf coupé réagit immédiatement, le nerf non coupé ne réagit point ou à peine; quelque chose est fatigué ou épuisé; est-ce le tronc nerveux ou l'appareil périphérique? On porte les électrodes alternativement sur les deux gastrocnémiens et on voit qu'ils réagissent tous les deux, à peu près de la même manière, *au même minimum d'irritation, auquel ils réagissaient avant le tétanos*; généralement, cependant, les secousses fasciculaires du muscle qui a travaillé sont un peu plus tardives, un peu moins rapides et un peu plus longues à se relâcher que celles du muscle qui a été maintenu au repos par la section de son nerf; il doit en être ainsi, car autrement on serait conduit au paradoxe opposé à celui de Wedenski et Bowditch, à soutenir que l'appareil périphérique serait infatigable et inépuisable; la différence entre les deux appareils périphériques augmente d'autant plus rapidement que le tétanos a été plus intense et plus prolongé, et les muscles deviennent bientôt rigides, sauf, naturellement, ceux qui correspondent à un nerf coupé.

Ainsi, immédiatement après la mort de l'animal, qui succombe à l'asphyxie causée par le tétanos, ou fort peu de temps après sa mort, le nerf qui a travaillé est inexcitable, et *c'est lui qui refuse*, et non son appareil périphérique, puisque celui-ci répond encore au minimum d'irritation auquel il répondait avant le travail, — un peu plus faiblement, il est vrai, que son homonyme, mais cela n'a pas grande importance: il n'est pas épuisé tandis que son nerf l'est.

M. Herzen ne croit pas, pour la raison déjà indiquée, que dans ses expériences il s'agisse de l'action chimique directe de la strychnine sur le nerf non coupé; sans parler du fait que le nerf coupé est exposé à cette action à peu près autant que l'autre, on peut varier l'expérience de deux manières qui montrent bien que c'est uniquement de l'activité fournie que dépend l'inexcitabilité du nerf: en premier lieu, on peut, en passant un fil sous le sciatique, lier en masse les deux extrémités postérieures et en exclure ainsi la strychnine; en second lieu, on peut se passer entièrement de celle-ci et de la section de l'un des nerfs en soumettant simplement l'un d'eux à une forte tétanisation électrique, sur un animal auquel on a d'abord coupé la moelle épinière, afin de ne pas le faire souffrir, et que l'on tue pendant la tétanisation. Dans ces deux cas le résultat est le même que dans le cas du simple empoisonnement par la strychnine; pour le deuxième cas, on peut même se passer de la tétanisation électrique; il faut alors couper non la moelle épinière, mais de nouveau un des sciatiques, puis tuer l'animal par asphyxie ou par section de la moelle allongée; les quelques mouvements convulsifs que le nerf intact transmet suffisent pour produire (plus lentement, mais très nettement) la même différence entre les deux nerfs que dans l'expérience avec tétanos électrique ou strychnique; ces deux moyens ne font qu'exagérer la différence et rendent ainsi le résultat plus frappant; on constate avec la plus grande facilité que la différence en question n'est pas due à l'augmentation d'excitabilité du nerf coupé (celle-ci est inconstante, insignifiante et passagère), mais à une rapide diminution d'excitabilité du nerf ayant travaillé.

Ainsi, le nerf n'est pas un *perpetuum mobile* physiologique, il ne constitue pas une inconcevable exception à la loi biologique la plus générale, et, de même que tout autre tissu vivant, *il se fatigue en travaillant, et s'épuise par un travail excessif, plus vite que son appareil périphérique.*

SÉANCE DU 16 NOVEMBRE 1887.

Présidence de M. le Dr H. BLANC, vice-président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. Louis Gauthier, au Chenit, présenté dans la dernière séance par MM. Ch. Bertholet et Dr Schardt, est proclamé membre de la Société.

M. Paul Mayor, à Lausanne, présenté par MM. H. Kamm et Et. Guillemain, est proposé comme candidat.

Communications scientifiques.

M. E. Chuard, professeur, communique le résultat de ses recherches sur le mécanisme de l'élimination du cuivre dans les vins provenant de vignes sulfatées. — Dans une précédente communication, il avait annoncé la présence du tartrate de cuivre dans le dépôt formé, après fermentation, dans un moût fortement cuivré. — Dès lors, M. Chuard ayant eu à sa disposition des lies d'un vin dans lequel, avant la fermentation, on avait dosé 26 milligr. de cuivre métallique par litre, il a réussi à constater de nouveau la présence du tartrate de cuivre, ainsi que celle du sulfure de cuivre, déjà signalé par M. Quantin.

Lorsqu'un moût ne renferme que peu de cuivre, il est probable que la totalité est éliminée comme sulfure, par suite des fermentations réductives qui accompagnent la fermentation alcoolique.

Lorsqu'un moût est fortement cuivré, comme c'était le cas pour celui sur lequel ont porté les recherches, une partie du cuivre est éliminée comme tartrate et les dernières traces comme sulfure. Il y a donc, quelle que soit la teneur en cuivre d'un moût, certitude complète que l'acte de la fermentation éliminera ce métal.

M. Robert fait circuler des échantillons des divers états du cuivre dans sa métallurgie, par voie sèche ou par voie humide, depuis le sulfure, le carbonate et l'oxyde jusqu'au cuivre pur et le sulfate.

M. Lugeon présente une petite mâchoire appartenant probablement à un didelphe, trouvée dans les couches rhétiennes qui affleurent entre Bornan et Sendy, près des Avants sur Montreux. Elle vient des couches nos 45-55. (Voir explication de l'Atlas géologique E. Favre et H. Schardt.) Jusqu'à présent on n'avait trouvé que 6 vertébrés dans nos couches à *Avicula contorta*.

M. Guillemin, ingénieur, recommande l'emploi des lies de vins pour le collage de ces derniers, ceux-ci s'éclaircissent, se décolorent, perdent leur âpreté et gardent leur arôme, qu'ils perdent ordinairement par les autres méthodes. Le collage par les lies peut, au dire de M. Guillemin, corriger leur acidité.

M. CHUARD rappelle que les lies provenant de raisins traités à la bouillie bordelaise contiennent du tartrate de cuivre et du sulfure de cuivre; ce dernier devenant soluble par oxydation, il faut en tenir compte dans la manutention proposée par M. Guillemin.

Une discussion prend naissance au sujet de l'innocuité des sels de cuivre.

M. le Dr Blanc entretient la Société d'anomalies observées sur les *Tœnias* et les *Bothriocéphales*, consistant en ouvertures de formes diverses, occupant un ou plusieurs articles. **M. Blanc** critique les hypothèses admises jusqu'ici pour expliquer ces anomalies, et, suivant lui, plusieurs d'entre elles doivent être uniquement attribuées à une sorte de digestion externe. **M. Blanc** publiera plus tard ses résultats. (*Voir aux mémoires.*)

SÉANCE DU 7 DÉCEMBRE 1887.

Présidence de **M. Ch. Dufour**, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. Paul Mayor, à Lausanne, est proclamé membre de la Société.

M. le président annonce la démission de **M. Marguerat**, à Yverdon.

Communications scientifiques.

M. Ch. Dufour donne ses observations faites pendant l'éclipse de lune du 3 août 1887 et les compare avec les phénomènes observés pendant les éclipses de lune de 1884. (*Voir aux mémoires.*)

M. Jean Dufour fait une communication sur le *blackrot* et sur les caractères qui distinguent cette maladie du *coître*, bien connu dans le canton de Vaud.

Le *blackrot* est dû à un parasite, le *Phoma uvicola*, qui se développe dans l'intérieur des grains de raisin, aux approches de la maturité. En très peu de jours les grains atteints se dessèchent et deviennent d'un noir bleuâtre très caractéristique. A leur surface apparaissent des pustules noires, qui sont les fructifications du champignon.

Le *coître* est causé par un autre parasite appelé *Coniothyrium diplodiella*. Celui-ci se propage avec une extrême facilité par l'intermédiaire de la rafle et des pédoncules. Il cause ainsi la désorganisation de toute une partie de la grappe, tandis que le *blackrot* se montre le plus souvent sur des grains isolés. Enfin, le *coître* détermine une vraie pourriture humide et fétide; la pulpe du grain de-

vient plus juteuse qu'à l'état normal. La maladie du black-rot consiste plutôt en un dessèchement rapide des grains.

En Suisse, on n'a pas encore constaté le vrai black-rot; cette maladie a fait, en revanche, beaucoup de mal, en 1887, dans le Midi de la France, principalement dans les vallées de la Garonne, du Lot et du Tarn, enfin dans le département de l'Hérault, où M. Dufour a eu l'occasion de l'étudier au mois d'août dernier.

Des essais faits jusqu'ici, on peut conclure avec quelque probabilité que le black-rot pourra être combattu avec avantage à l'aide des préparations au sulfate de cuivre, employées déjà contre le mildiou.

M. Lecoultre présente de nouveaux interrupteurs électriques. (Voir au *Bulletin*.)

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 21 DÉCEMBRE 1887.

Présidence de M. Ch. DUFOUR, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce la démission de M. *John Rouillard*.

L'ordre du jour appelle la nomination du président.

M. le Dr *H. Blanc* est élu président par 19 voix sur 21.

Il est procédé ensuite au remplacement de M. Blanc, vice-président.

M. *E. Chuard*, professeur, est nommé vice-président par 16 voix sur 20.

Enfin, M. le Dr *Jean Dufour* est nommé membre du comité par 20 voix sur 25.

Sur la proposition de M. FOREL, l'assemblée nomme aux fonctions de commissaires-vérificateurs, pour 1888, MM. *de Sinner*, *de Blonay* et *Golliez*, les mêmes que pour l'année 1887.

A l'occasion du second article de l'ordre du jour, M. Roux, pharmacien, demande que, pour faciliter aux forains la participation aux séances, l'assemblée avance l'heure de la première séance du mois, au moins pour les mois d'hiver.

Après discussion, la première séance des mois de janvier, février, mars, novembre et décembre est fixée à 2 heures, celle des autres mois et la seconde restent comme ci-devant à 4 heures et 8 heures.

La finance d'entrée et la cotisation annuelle sont maintenues.

Le projet de budget ci-dessous pour l'année 1888 est adopté.

RECETTES		DÉPENSES	
Intérêts	Fr. 3,000	Loyer, impôts . . .	Fr. 500
Contributions . . .	» 1,800	Fonds de Rumine . .	» 600
Finances d'entrée . .	» 20	Administration . .	» 500
Abonnements et vente du Bulletin	» 80	Edition du Bulletin .	» 3,000
	Fr. 4,900	Bibliothèque . . .	» 300
			Fr. 4,900

M. le président propose, au nom du Comité, l'installation d'une commission des finances et lit un projet de règlement pour elle.

Une discussion s'engage à laquelle prennent part MM. *Renavier, Guillemain, Forel, de Blonay, Gollier, H. Dufour, Blanc*, et de laquelle ressortent trois propositions sur lesquelles M. le président fait voter l'assemblée :

1^o La Société veut-elle une commission des finances ? Résultat : oui.

2^o Cette commission sera-t-elle une commission consultative ? Résultat : oui.

3^o Sera-t-elle nommée par le Comité ? Résultat : oui.

M. le président annonce que le concordat proposé par M. Dutoit à ses créanciers a été accepté, en conséquence, la Société touchera encore le 5 % de la créance et la perte nette qu'elle fait dans cette affaire est de 4800 fr.

M. ROUX aimerait pouvoir publier pendant le cours de l'année civile les travaux de l'année scientifique correspondante, ceci pour éviter les charges inégales du budget, ainsi que pour l'intérêt des auteurs.

M. GUILLEMIN aimerait que les procès-verbaux fussent joints à chaque Bulletin et demande ce que sont devenus les tirages à part des dits procès-verbaux qui ont paru quelques fois ?

MM. *Forel* et *H. Dufour* expliquent pourquoi les choses en sont là.

M. *Bieler* pense que l'on peut faire quelque chose pour les forains, qui ne peuvent jamais assister aux séances et qui devraient pourtant savoir ce qui s'y fait.

M. *Renavier* appuie la manière de voir de MM. Guillemain et Bieler et propose le renvoi de la question au Comité pour étude et préavis. — Adopté.

M. S. *Chavannes* demande s'il n'y aurait pas moyen de publier la partie scientifique de nos procès-verbaux tous les quinze jours dans les journaux. Le Comité s'occupera de cette question.

MM. BIELER et BUGNION aimeraient faciliter l'entrée des séances aux étudiants, en suspendant pour eux la cotisation annuelle, et proposent le renvoi de cette question au Comité.

M. *H. Dufour* répond que ce serait faire un pas en arrière, attendu que, d'après décision antérieure prise, ils ont déjà leur entrée gratuite.

Communications scientifiques.

M. F.-A. *Forel* expose les premières recherches sur la couleur des eaux des lacs, consistant en trois séries :

1^o Environ deux cents notes au pastel figurant la teinte de l'eau vue en plein lac, suivant un rayon vertical, à l'abri de la réflexion du ciel. Ces notes donnent la couleur du lac Léman, lac bleu, et des lacs de Constance, de Zurich, de Zoug et des Quatre Cantons, lacs verts.

2^o Méthode pour préciser la couleur d'une eau déterminée, au moyen soit des colorimètres inventés par M. F. Cornu, de Bâle, soit des gammes de couleur de M. Forel.

3^o Etude de la lumière transmise dans un tube de 6 mètres de longueur à travers de l'eau filtrée par des filtres Chamberland, en biscuit tendre de porcelaine.

SÉANCE DU 11 JANVIER 1888.

Présidence de M. H. BLANC, professeur.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté après une modification.

M. le président annonce les démissions de MM. Hirzel et Addor, et constate un certain nombre d'ouvrages reçus, il remercie tout particulièrement M. F.-A. Forel pour ses trois brochures sur *La température interne des glaciers*, *L'instruction pour l'étude des lacs* et *La pénétration de la lumière dans les lacs d'eau douce*.

Communications scientifiques.

M. Ch. Dufour présente le résumé des observations pluviométriques faites à Morges pendant l'année 1887.

La quantité d'eau recueillie à Morges pendant les différents mois de l'année 1887 est la suivante :

	Millimètres.
Janvier	21.9
Février	2.3
Mars	111.6
Avril	53.8
Mai	63.9
Juin	39.5
Juillet	49.3
Août	148.1
Septembre	66.6
Octobre	69.3
Novembre	112.6
Décembre	137.4
Total	876.3

Jusqu'à la fin de 1887, nous possédons, à Morges, 12 années d'observations pluviométriques dont 8 faites chez M. le colonel Burnier et 4 chez M. le syndic Muret.

La moyenne de toutes ces observations donne 928^{mm}.3 pour la quantité annuelle de pluie. Ainsi l'année 1887 en a donné 52^{mm} de moins que la moyenne, et 272^{mm}.3 de moins que l'année 1886, qui avait été relativement humide; par contre, elle en a donné 296^{mm}.3 de plus que l'année sèche 1884, pendant laquelle il est tombé seulement 580^{mm} d'eau.

M. F.-A. FOREL ajoute à la communication de M. Dufour les détails suivants :

La moyenne annuelle des 12 années de comparaison que nous possédons montre une chute d'eau plus forte à Morges qu'à Genève de 144mm. Cette différence se répartit dans les mois suivants :

Mois.	Nombre.	Différence. mm.
Janvier	12	+ 14.6
Février	—	17.1
Mars	—	14.5
Avril	—	— 3.2
Mai	—	+ 5.6
Juin	13	15.6
Juillet	—	14.7
Août	—	16.6
Septembre	—	4.9
Octobre	—	18.4
Novembre	14	7.7
Décembre	12	16.7

Le mois d'avril est le seul qui ait une différence négative. Il a été 7 fois sur 12 plus sec à Morges qu'à Genève; en opposition à cela, le mois de mars a toujours été plus pluvieux à Morges qu'à Genève.

M. S. Chavannes présente des ossements de marmottes trouvés dans la gravière de Montoie. (*Voir aux mémoires.*)

M. Bieler fait passer un demi-kilogramme de tubercules provenant d'une seule touffe d'un *Stachys* originaire du Japon et de la Chine septentrionale, acclimaté au Champ-de-l'Air. Il recommande ce produit féculéux, lequel mis en légume rappelle la scorsonère et pourrait convenir aux convalescents.

M. F.-A. Forel donne quelques détails sur le tremblement de terre du 19 décembre. Il a été composé de deux secousses, l'une à 5 heures 48 minutes du soir, l'autre à 11 heures 18 minutes du soir. L'aire sismique a été très bien limitée dans les Alpes vaudoises et le Bas-Valais, les secousses ayant été notées à Sion, Liddes, Bex, Aigle, Gryon, l'Etivaz, Château-d'Œx, Clarens. En dehors de cette aire sismique parfaitement localisée, la secousse de 5 heures 50 m. a été constatée à Genève par de nombreux observateurs et à La Chaux-de-Fonds, ces deux localités étant à 60 et 70 kilomètres de l'aire d'ébranlement proprement dite. — Nous avons déjà, dans nos observations suisses, plusieurs exemples analogues de secousses senties assez loin en dehors de l'aire sismique principale.

M. Forel signale la présence de chauves-souris qu'il a vues voler et chasser les insectes sur le lac au mois de décembre 1887. Cette apparition anormale a été constatée par plusieurs personnes à Morges.

SÉANCE DU 25 JANVIER 1888.

Présidence de M. H. BLANC, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce la démission de M. A. Berney, docteur, à Rolle.

Communications scientifiques.

M. le professeur **Henri Dufour** donne le résumé des observations faites à la station météorologique du Champ-de-l'Air pour 1887. (*Voir au Bulletin.*)

M. S. **Chavannes** fait circuler un morceau de charbon de bois, trouvé dans la moraine de Penthalaz près Cossonay. (*Voir au Bulletin.*)

M. **Paul Mayor** entretient la Société des carrés magiques et de leurs formules.

SÉANCE DU 1^{er} FÉVRIER 1888.

Présidence de M. BLANC, président.

Le procès-verbal de la séance précédente est lu et adopté.

M. le président dit que le Comité s'est occupé de la proposition de M. Bieler d'admettre les étudiants comme membres pendant la durée de leurs études, moyennant le paiement de la finance d'entrée. Il propose de la renvoyer à la séance générale de juin. — Adopté.

M. S. CHAVANNES constate que les séances à 2 heures ne semblent pas attirer le nombre de membres forains qu'elles promettaient. Il demande que le bureau s'assure du nombre de ces membres à chaque séance, afin de voir s'il ne faudra pas revenir de cette décision.

M. de Sinner ajoute que plusieurs membres du canton sont mécontents du changement.

Communications scientifiques.

M. F.-A. **Forel**, après avoir exposé l'organisation des travaux de la commission sismologique suisse, donne un résumé des tremblements de terre observés en 1884-86, en insistant particulièrement sur ceux qui ont été sentis dans le canton de Vaud. Ces derniers ont été au nombre de 5 en 1884, de 3 en 1885, de 6 en 1886.

M. DE SINNER fait une observation sur la cause du tremblement de terre du Simmenthal; il pense que l'érosion intérieure ne s'explique pas facilement, que l'hydratation des couches est trop lente pour être en cause et qu'il en faut venir aux phénomènes orogéniques comme cause véritable.

M. SCHARDT dit que dans la contrée il y a beaucoup d'entonnoirs d'effondrement, qu'une maison même a disparu. La chaîne des Gaskosen, qui borde le Simmenthal, est rompue dans sa longueur par une faille immense dont un côté chevauche sur l'autre; il se peut que le mouvement continue. L'effondrement produit un ébranlement qui ne se propage pas au loin. Les deux causes peuvent agir simultanément.

M. FOREL constate que la détermination des causes est difficile; il rappelle les difficultés qu'il a fallu vaincre au tunnel du Gothard pour arrêter l'expansion d'une couche qui écrasait une voûte épaisse de granit et de porphyre. Donc cette cause est puissante. Où il y a du gypse anhydre, il y a hydratation.

M. S. CHAVANNES veut qu'on ait recours aux constatations hypsométriques, qui démontreraient l'élévation ou l'affaissement du sol. Il recommande ces mesures à la commission.

M. FOREL dit qu'à Grenade on a constaté d'assez fortes dénivellations. Il reviendra plus tard sur la question.

M. RENEVIER ajoute qu'il y a de nombreux exemples d'affaissement; il demande comment le gonflement produit les secousses, les mouvements latéraux qui se répètent, comment l'exhaussement et l'affaissement deviennent des oscillations?

M. F.-A. FOREL répond que c'est par la rupture des couches. Il donne pour exemple la rupture bruyante de la glace du lac de Bret à la fin du jour quand elle a été exposée à la chaleur, puis au froid produit par l'ombre.

M. SCHARDT appuie l'explication de M. Forel et dit que la rupture des couches n'a lieu qu'à la surface; on ne sent pas les tremblements de terre dans les mines, parce que la vibration ne se propage qu'à la surface du sol. L'anhydrite, en devenant gypse, augmente dans tous les sens; il n'y aurait que soulèvement, si la dilatation n'était que verticale; mais il y a aussi un refoulement latéral, qui est la cause générale de la plupart des tremblements de terre. Toutes les roches absorbent de l'eau, d'où une désagrégation qui augmente leur volume. Le grès de Rochette à Helix Ramondi a des boursouflures, il s'est rompu à la surface en s'hydratant.

M. Rapin présente le bâti en carton d'un petit instrument construit d'après les indications de feu M. le professeur Marc Secretan et destiné à mesurer les distances focales *absolues* des lentilles et des appareils optiques convergents, c'est-à-dire les distances focales comptées, non du sommet d'une surface réfringente, ni d'un centre optique, mais à partir du point appelé *centre de départ*. Ce petit instrument, appelé par son inventeur *focal absolumètre*, se compose de trois parties :

1° Un tube de 10 centimètres de longueur, portant à l'une de ses extrémités une lentille biconvexe de 10 centimètres de distance

focale, et à l'extrémité antérieure une ouverture d'un centimètre de diamètre; cette ouverture joue le rôle d'un objet lumineux qui, placé au foyer de la lentille, envoie derrière elle des rayons parallèles.

2^o Un second tube s'emboîtant dans le premier et renfermant la lentille ou l'appareil optique (un oculaire double, par exemple), dont on veut mesurer la distance focale absolue.

3^o Un troisième tube glissant sur le second et portant un *dynamètre* muni d'une lame translucide de nacre, divisée en dixièmes de millimètre, et sur laquelle vient se peindre l'image de l'ouverture du premier tube, comme si cette image provenait d'un objet infiniment éloigné; de sorte que, vu le rapport entre le diamètre de l'ouverture et la distance focale de la lentille de l'instrument, le nombre de divisions renfermées dans le diamètre de l'image donne la distance focale *absolue* de la lentille ou de l'appareil optique, objet de l'observation.

Voir pour explication plus complète la brochure publiée en 1855 par M. Marc Secretan, sous le titre : *De la distance focale des systèmes optiques convergents*, Paris, 1855, et l'extrait qui s'en trouve dans le petit ouvrage intitulé : *La lunette d'approche*, Lausanne, 1861, pages 274 et suiv.

M. le professeur **Renevier** présente et explique les *courbes* par lesquelles il a essayé de représenter les oscillations du sol de nos Alpes pendant les époques géologiques. (Voir compte-rendu Soc. géol. suisse, 1887.)

La ligne horizontale représente l'axe des temps géologiques, subdivisé suivant les diverses périodes et figure simultanément le niveau de la mer. Trois courbes différentes représentent les allures successives du sol, dans les *Préalpes*, dans les *Hautes Alpes* calcaires et dans les *Alpes centrales* ou cristallines. Les courbes s'enfoncent plus ou moins en dessous de l'axe horizontal suivant l'immersion plus ou moins profonde du sol d'une de ces régions. Leur passage au dessus de l'axe représente le moment de l'émergence, et leur élévation au dessus de cette ligne l'exhaussement plus ou moins considérable du sol hors des eaux de la mer.

SÉANCE DU 15 FÉVRIER 1888,

au laboratoire de physique.

Présidence de M. E. CHUARD, vice-président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce la démission de M. *Charles Bertholet*, forestier, à Morges, et lit une lettre et une circulaire du Comité d'organisation du 4^{me} Congrès géologique international, qui aura lieu cette année à Londres, du 17 au 22 septembre, invitant cordialement MM. les membres de la Société vaudoise des sciences naturelles à prendre part à cette réunion. Le secrétaire est chargé d'envoyer les remerciements de la Société.

M. CORNAZ-VULLIET, qui publie un guide pour la contrée qui s'étend des Alpes au Jura à travers Vaud, Fribourg et Neuchâtel, désire que les membres de la Société qui le peuvent, lui donnent sans retard des renseignements sur l'histoire naturelle et la géologie de cette contrée.

Communications scientifiques.

M. H. Dufour montre des projections de photographies de la dernière éclipse de lune, prises par M. Leuba, étudiant en sciences, ainsi que leurs grossissements et fait remarquer les contours peu tranchés de l'ombre.

M. Dufour, appuyé par M. RAPIN, proteste contre l'opinion émise que l'on ait pu distinguer sur cette ombre les profils des Andes et de l'Himalaya.

M. RENEVIER, professeur, demande si l'ombre diffuse ne proviendrait pas de vapeurs.

M. H. DUFOUR répond que M. Ch. Dufour, de Morges, est bien de cet avis; de même que pour la teinte rougeâtre causée par les poussières du Krakatoa.

M. RAPIN a observé la teinte ordinaire gris-bleuâtre de l'éclipse qui peu à peu a passé au rougeâtre; du reste, ces deux Messieurs trouvent que ces teintes sont mieux suivies à l'œil nu qu'avec le télescope.

M. H. DUFOUR ayant demandé à M. Gauthier, maître de sciences au Chenit, la vérité sur les températures exceptionnelles de fin janvier dans cette localité, ce dernier lui a envoyé des notes d'où il ressort qu'effectivement les froids y ont été intenses, du 28 janvier au 2 février, avec un maximum de refroidissement le 31.

Soit, le 30 janvier :	— 26°	— 29°	— 31°	— 35°
» 31 »	— 36°	— 34°	— 36°	— 41°

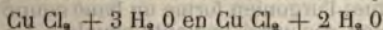
M. H. Dufour pense que le rayonnement nocturne est pour quelque chose dans cet abaissement si extraordinaire de température, les nuits ayant été très claires; de même aussi la disposition en entonnoir de la contrée. Il fait remarquer, en outre, que les grands froids correspondent ordinairement à la hausse barométrique, ce qui, pour ces derniers froids, n'a pas eu lieu.

Les renseignements de M. Gauthier feront l'objet d'une note pour le Bulletin.

M. Henri Dufour montre un nouveau spectroscope fabriqué à Genève; MM. les membres sont invités à voir, après la séance, les spectres de l'azote et de l'hydrogène.

M. E. Chuard, professeur, présente un nouvel hydrate de chlorure cuivrique, qu'il a obtenu en faisant cristalliser à une température inférieure à 0° une solution de chlorure de cuivre vert. Ce nouvel hydrate est en cristaux bleus, très peu altérables à l'air, et contient trois molécules d'eau de cristallisation, tandis que le chlorure vert n'en renferme que deux molécules. Son existence explique les variations de couleur que présente une solution de chlorure de

cuivre. La solution concentrée, qui est verte, renferme le chlorure à deux molécules d'eau de cristallisation. Si on la dilue ou la refroidit au dessous de 0°, elle devient bleue, par suite de la formation de l'hydrate à trois molécules d'eau. La solution bleue, même très diluée, chauffée aux environs de son point d'ébullition, reprend la couleur verte par suite de la transformation de l'hydrate



M. **Lecoultré** fait circuler deux nouveaux modèles de commutateurs électriques faits en bois et à bon marché.

M. **RENEVIER**, professeur, annonce que le volume XIV des *Mémoires de la Société paléontologique suisse* vient de paraître. Il contient cinq mémoires, de MM. **Haas**, **Koby**, **Th. Studer**, **G. Mailard** et **P. de Loriol**, avec 35 planches 4°, dont une double et coloriée. Le premier de ces mémoires intéresse plus spécialement la Société, c'est celui de M. **Haas**, qui décrit les Brachiopodes jurassiques des Alpes vaudoises (2^e partie) d'après les originaux du Musée de Lausanne.

SÉANCE DU 7 MARS 1888.

Présidence de M. H. BLANC, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

Sur la proposition de M. le président, l'assemblée se lève en signe de deuil et en souvenir de M. le professeur *Marquet*, mort récemment.

Communications scientifiques.

M. F.-A. **FOREL**, professeur, ayant suggéré à M. le Dr **A. Odin** la recherche d'une formule de l'écoulement des glaciers, présente, au nom de ce dernier, les travaux exécutés sur ce sujet.

M. **Forel** fait passer des photographies de M. Terra, à Chamounix, représentant les glaciers des Bossons et des Bois, aux mêmes points et plusieurs années consécutives; ces photographies devaient servir à une communication que M. **Forel** ne fera qu'à la prochaine séance, vu l'ordre du jour très rempli.

M. **Forel** entretient ensuite la Société des causes qui peuvent avoir produit, au milieu de janvier, ces couches molles de glaçons de neige sur notre lac.

M. le Dr **H. Schardt** décrit la structure compliquée du massif des *Dents du Midi*. Vue de Montreux, cette arête découpée se présente sous forme d'une muraille de néocomien bâtie sur un soubassement éocène, en dessous duquel apparaît de nouveau du néocomien en position normale, pendant que celui du haut de l'arête est renversé. Cela ressort fort bien d'un grand dessin représentant cette

vue et coloré géologiquement. On constate en montant du terrain tertiaire, grès et schistes rouges oligocènes, puis du flysch éocène sous forme de grès, schistes à fucoides, poudingues, etc., en immense épaisseur et formant le noyau couché de la synclinal. Le calcaire nummulitique suit sur 30-40^m d'épaisseur, ayant à sa base un facies local, le terrain sidérolithique, grès ferrugineux, minéral de fer et poudingue; l'urgonien forme un banc coupé à pic, que surmonte le néocomien, recourbé en voûte couchée. Le haut de l'arête n'offre plus que quelques petits lambeaux de calcaire urgonien, à la Dent Jaune et à la cime de l'Est (urg. inf.). Ce terrain y a presque totalement disparu, preuve la moraine de Salanfe qui se compose à moitié de cette roche. Le versant S.-O. de la vallée du Rhône présente un profil naturel de cette arête représentée par un second dessin, pris de la mine de Collonges; il montre la cime de l'Est avec son sol urgonien, les rochers de Gagnerie et la preuve d'une faille entre ces deux sommets; puis le voisinage de l'éocène et du gneiss du massif du Salantin.

M. Schardt signale ensuite plusieurs *nouveaux gisements fossili-fères* dans les Alpes du Chablais. Au moyen d'une grande vue géologique, prise du mont Chauffé, il montre la position d'un affleurement des couches à mytilus (bathonien) au col d'Utane entre la pointe de Linleux et les rochers de Recon. Ce terrain y forme deux bandes de chaque côté de cette voûte rompue. La bande S.-E. est surtout bien à découvert et offre une grande abondance de fossiles absolument identiques à ceux du mont Laitmaire près Château-d'Œx. Ce même terrain apparaît sur d'autres points de cette arête et se continue jusqu'à la vallée du Rhône en dessous de Revereuil, pour aboutir à Vionnaz, où on a tenté d'y exploiter du charbon. La klippe de Treveneusaz sur Vionnaz en renferme encore un affleurement.

Au col de Vernaz, où affleure du trias (cornéule et dolomie), M. Schardt a trouvé une succession régulière de rhétien, très riche en fossiles, hettangien, lias inférieur, toarcien, couches à mytilus et malm, ce dernier formant la pointe de Vernaz.

M. Schardt montre encore une mâchoire de *Pycnodus* toute garnie de dents et fort bien conservée, provenant des couches à mytilus du Rubli (Pays-d'Enhaut).

M. N. Loewenthal fait une communication sur la *tache germinative des ovules primordiaux*. Après avoir donné un aperçu historique de la question, M. Loewenthal communique les observations qu'il a faites sur les coupes de l'ovaire des chattes et des chiennes nouveau-nées, pour ce qui touche à la forme, à la situation et à l'affinité pour les colorants nucléaires, de la tache germinative, et présente des préparations microscopiques à l'appui de son exposé. Les observations consignées dans cette communication seront décrites en détail dans une note à part.

M. le président ajoute quelques mots sur les taches germinatives chez les invertébrés.

M. H. Dufour annonce le mémoire de M. Gauthier sur les températures exceptionnellement basses du lac de Joux en janvier et février de cette année; il dit aussi que la dernière sonne pour

l'expédition à l'exposition de Londres des appareils destinés aux observations sur l'électricité atmosphérique.

M. le professeur **Herzen** communique ses travaux sur la nature des mouvements fonctionnels du cœur. (*Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, XXIII, 97.)

SÉANCE DU 21 MARS 1888.

Présidence de M. le D^r **BLANC**, président.

Le Comité a étudié les deux propositions suivantes : Celle de M. Bieler sur la publication mensuelle ou bi-mensuelle des procès-verbaux, et celle de M. Guillemin sur leur publication dans chaque Bulletin. Le Comité s'est arrêté à cette dernière, M. Bieler ayant fait savoir qu'il s'y rangeait également. La Société confirme la décision du Comité et chaque Bulletin contiendra des procès-verbaux des séances.

Communications scientifiques.

M. **S. Chavannes** parle des lignites intra-glaciaires et en fait circuler des échantillons. (*Voir au Bulletin.*)

M. **de Meuron**, ingénieur, ajoute quelques mots au mémoire publié dans le Bulletin 96 par M. de Sinner sur un « groupe de blocs erratiques aux portes d'Yverdon. » (*Voir au Bulletin.*)

M. **DE SINNER** voudrait qu'on fit une collection d'échantillons enlevés aux blocs erratiques avant leur disparition complète.

M. **DE MEURON** ajoute qu'on les inscrit dans un registre et que plusieurs sont indiqués dans la carte fédérale à grande échelle.

M. **S. CHAVANNES** dit que nous n'avons pas de moraines frontales sur le plateau, qui a été parcouru assez rapidement par le glacier. Il n'en est pas de même dans les cantons de Neuchâtel, Berne et Soleure, où ces moraines sont d'aspect varié, à cause des vallées accessibles au glacier.

M. **DE MEURON** constate qu'à Neuchâtel, le glacier a rendu plusieurs endroits stériles, soit par amas de blocs, soit par enlèvement de terre.

M. **Paul Mayor** présente un échantillon de bois du noyer blanc d'Amérique; c'est le bois le plus dur après le teck. Les Américains s'en servent pour faire des chars très légers, des manches d'outils. Son tronc est droit.

Il y a aussi, dans l'Etat de New-York, le noyer noir, dont le bois ressemble au palissandre.

Une troisième espèce est le noyer de beurre, dont le bois est très tendre.

Les trois donnent des noix : celle du noyer blanc est de la gros-

seur d'une noisette; celle du noyer noir est de la taille de la nôtre, mais l'intérieur en est compliqué et ligneux. On n'utilise pas ces fruits.

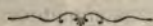
Dans le Tennessee, une partie des arbres des forêts sont accompagnés d'un cep de vigne qui croît avec l'arbre, mais un peu moins vite que lui, de sorte que la vigne est très tendue et se rompt, la tige restant sur l'arbre. Ces ceps ont de 10 à 15 centimètres de diamètre.

Cette vigne a des raisins comme des grains de grenaille, acides comme du vinaigre, dont la récolte serait, du reste, difficile.

M. Jean Dufour mentionne une observation qu'il a eu l'occasion de faire récemment sur la manière dont le *puceron lanigère* passe la saison morte. On admet généralement que ces parasites des pommiers émigrent à la fin de l'automne et vont se réfugier à la base du tronc et même sur les racines superficielles. Ce fait est vrai pour une partie d'entre eux. Mais il existe aussi un bon nombre d'insectes qui passent l'hiver sur les petites branches, dans les endroits mêmes qu'ils ont occupés pendant l'été. Si l'on veut procéder à une désinfection soigneuse de l'arbre, il ne faut donc pas négliger de couper et de brûler toutes les petites branches atteintes de chancres et de blessures. On ne doit pas se borner à nettoyer sommairement le tronc, comme cela se fait trop souvent.

M. BLANC ajoute que la laine du puceron est un organe de protection, soit contre l'humidité, soit contre la température.

PROCÈS-VERBAUX



SÉANCE DU 4 AVRIL 1888.

Présidence de M. le D^r BUGNION.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

Communications scientifiques.

M. le professeur **E. Bugnion** expose le résultat de ses recherches sur le développement et sur la structure anatomique de l'*Encystus fuscicollis* Dalen (Halcithorax major), petit Chalcidien parasite de la chenille de la Teigne du fusain. (Voir aux mémoires.)

M. Schnetzler, professeur, communique ses observations sur la germination de *Ranunculus aquatilis*. (Voir au Bulletin.)

Le même auteur présente un travail sur la résistance des végétaux à des causes qui altèrent l'état normal de la vie. (Voir au Bulletin.)

M. Henri Dufour, professeur, décrit une nouvelle modification apportée à l'hygromètre à condensation présenté précédemment à la Société. Le thermomètre, qui doit déterminer la température du point de rosée, est placé dans un trou percé dans l'épaisseur de la plaque de cuivre argentée sur laquelle se fait ce dépôt. Dans ce cas, la température du thermomètre est bien celle du métal sur lequel la rosée se dépose; on augmente par ce fait la précision des mesures.

Le même indique le principe d'une méthode différentielle pour la mesure des tensions des vapeurs dans les gaz.

M. Bieler montre quelques exemplaires d'un *tænia elliptica* de petite dimension, ayant seulement une longueur de 5 à 6 millimètres, et qui se trouve parfois en si grande quantité dans l'estomac et les intestins des chiens, de boucher par exemple, qu'il occasionne des accès tout à fait semblables à ceux de la rage, tristesse, inappétence, œil hagard, envie de mordre, etc.

A l'état larvaire, ce *tænia* se trouve sous forme de kystes ou vésicules remplies de liquide, de dimensions variables, dans le foie du porc ou d'autres animaux, et la membrane interne de ces kystes porte un grand nombre de têtes de *tænia*s; en outre, il se fait une

abondante prolifération de cellules secondaires, qui ont l'apparence d'une boue grisâtre, mais dont chaque parcelle est une colonie de nombreux germes de *tænia*. M. Bieler montre sous le microscope un amas d'une cinquantaine de ces germes, dont l'ensemble paraît à l'œil nu comme un grain de poussière.

On peut comprendre, par cette démonstration, combien il est dangereux d'utiliser les viscères d'un animal atteint de ces kystes, et combien la sévérité de la police sanitaire est indispensable pour éviter des accidents aux consommateurs.

SÉANCE DU 18 AVRIL 1888.

Présidence de M. E. CHUARD, vice-président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

Communications scientifiques.

M. Henri DUFOUR présente, au nom de M. Bussy, instituteur, à Cossonay, un graphique météorologique de cette localité pour 1887, et, pour la même année, les observations pluviométriques de quatre stations de La Vallée, faites par M. Gauthier, instituteur, au Sentier. Ces observations montrent l'influence des forêts du versant sur la quantité de pluie qui tombe.

M. Renevier, professeur, entretient la Société d'une course géologique qu'il vient de faire, pendant les vacances de printemps, avec M. le Dr Guebhard, de la Faculté de médecine de Paris, dans les Alpes-Maritimes, de Grasse à Escagnolle.

Cette excursion avait essentiellement pour but d'examiner les conditions stratigraphiques du gault de Clars et du néocomien d'Escagnolle, dont M. Renevier a pu rapporter une belle série de fossiles, et surtout de rechercher un petit gisement éocène à coquilles parfaitement intactes, comme celles du bassin de Paris, dont il avait reçu dans le temps quelques fossiles.

Grâce à une indication de M. le professeur Pavier, de Paris, et aux connaissances locales de M. Guebhard, M. Renevier a pu retrouver ce joli gisement, qui constitue un petit lambeau éocène isolé au milieu des terrains jurassiques, et perdu dans un pays désert, dit *Castéou d'Infer*. Il en a rapporté une quinzaine d'espèces très bien conservées, parmi lesquelles *Cerit Diaboli*, *C. plicatum*, *C. elegans*, *C. hexagonum*. C'est exactement la faune de la couche à cerites des Diablerets, Faudon, St Bonnet, Branchat, etc., mais ici les coquilles sont absolument intactes.

M. Henri Dufour, professeur, montre un instrument portatif pour la mesure de la tension électrique de l'air, électromètre de M. le professeur Excur, de Vienne, aménagé pour un transport facile, dans lequel les feuilles d'or sont remplacées par des feuilles d'aluminium.

Le même fait passer quatre photographies d'éclairs faites en Amérique, hommage de la Société météorologique de Londres. — Une cinquième photographie circule, représentant la station météorologique du Sântis, avec ses nombreux paratonnerres.

M. Henri Dufour décrit encore les expériences de M. Amagat, de Lyon, sur la solidification des liquides sous pression et plus particulièrement du C^2Cl^4 (dichlorure de carbone). M. Dufour fait passer des photographies de ce liquide cristallisé et démontre sur la planche noire la combinaison qui permet de laisser passer les rayons lumineux dans ce liquide sous pression.

M. Guillemain, ingénieur, parle de quelques alliages pour la fabrication des robinets de cave et finit par recommander le nickel pur.

M. CHUARD est de cet avis et dit qu'il a vu tout un établissement de robinetterie en nickel; ce métal est devenu très bon marché, depuis qu'on trouve son silicate en grande quantité dans la Nouvelle-Calédonie.

SÉANCE DU 2 MAI 1888,

à l'auditoire du Musée géologique.

Présidence de M. le Dr BLANC, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

Communications scientifiques.

M. le professeur **Renévier**, profitant de ce que la Société est réunie à l'auditoire du Musée géologique, a préparé une exposition des *fac-similés* de fossiles, et en particulier de tortues, qu'il a fait faire l'automne passé, comme matériaux d'échange, et dont quelques-uns ont été peints récemment par MM. Gollier et Bertschinger.

Le même fait passer une boîte contenant les séries comparatives des fossiles noirs des Diablerets et des jolies coquilles blanches du gisement dont il a parlé dans la dernière séance, au Castéou d'Infer près Mons (Var).

Enfin, **M. Renévier** donne quelques détails sur le gisement des grandes empreintes de palmiers, acquises récemment pour le Musée.

Au nord-est de Vérone se trouve le petit bassin crétacéo-nummulitique de M^{te} Bolca, si célèbre par ses poissons fossiles. Il repose sur les calcaires jurassiques qui forment tout le sous-sol et s'étendent surtout au nord. Il est traversé par des éruptions basaltiques et recouvert en partie par leurs épanchements et leurs agrégats volcaniques. M. Renévier expose à ce sujet la carte géologique du Véronais, de M. E. Nicolis, et un profil au 1 : 12,500^e au travers du bassin, que M. Nicolis a bien voulu préparer pour la circonstance. La

couche à poissons de Bolca occupe la base des couches éocènes. Au-dessus viennent les couches coquillières, puis des bancs épais d'aggrégats volcaniques, parfois fossilifères. C'est au milieu de ces aggrégats que se trouvent intercalés trois bancs principaux de schistes bitumineux. Celui du milieu contient des lignites avec *crocodiles*, etc.; l'inférieur et le supérieur, des plantes fossiles. L'horizon supérieur de schistes à végétaux est celui de Chiavon; l'inférieur est celui de *Végroni*, d'où proviennent nos grandes plaques, que la Société ira visiter à la fin de la séance. Tout ceci a beaucoup d'analogie de faciès avec notre aquitanien de Rochette, mais l'âge paraît être un peu plus ancien, éocène supérieur ou oligocène inférieur? Ce sera à la paléontologie de prononcer.

Notre plus grande plaque, de 3^m.20 sur 1^m.35, porte un *palmier complet*, reçu sous le nom de *Latanites Maximiliani*, Vis. A l'extrémité d'un tronc de 1^m.10 partent 4 pétioles de 70 centimètres à 1^m.10 de longueur, terminés chacun par un limbe flabelliforme de 50 à 70 centimètres de rayon.

Deux autres plaques, un peu moins grandes, portent, l'une deux feuilles, l'autre une seule, de palmier à feuilles pennées, reçues sous le nom de *Phenicitis italicus*, Mass. Ces 3 feuilles sont de 1^m.70 à 2^m.50 de longueur; leur limbe a jusqu'à 1^m.60 et les folioles jusqu'à 1 mètre.

Ces trois pièces seront un bel ornement pour notre futur Musée. Pour le moment, faute de place, elles sont entreposées dans une salle de rez-de-chaussée, sous le Musée archéologique, avec la grande pirogue des palafites et d'autres grandes pièces d'antiquités. C'est là que la Société va les visiter.

M. le professeur **F.-A. Forel** a étudié les réfractions et mirages pendant un voyage récent en Algérie et en Tunisie; il y a vu les trois formes classiques: réfractions d'hiver avec mirage, réfractions d'été et *Fata Morgana*. Il les a vues aussi belles, mais non plus belles que celles qu'il a étudiées sur le lac Léman.

M. **Jean Dufour** présente les résultats de recherches faites, en collaboration de M. le professeur **Chuard**, sur l'*influence du sulfatage des vignes sur la qualité de la récolte*. Dans les vignes atteintes du mildiou, les feuilles ne peuvent plus fonctionner d'une manière normale, et la production du sucre subit un ralentissement qui se traduit d'une manière très appréciable au moment de la récolte. Des sondages, faits dans les différents vignobles du canton, ont montré, en effet, que les moûts provenant de vignes non sulfatées sont presque constamment *moins riches en sucre* que ceux récoltés dans les parquets voisins, traités par la bouillie bordelaise ou l'eau céleste.

Les écarts obtenus sont souvent assez considérables; ainsi, pour Lausanne, Lutry, Concise, etc., on trouve des différences maximales de 3.5 à 3.8 degrés de la sonde Guyot, en faveur des moûts sulfatés.

Les vins provenant de vignes traitées sont aussi plus riches en alcool que ceux des vignes non sulfatées. Les recherches ont porté sur 44 échantillons. La différence en faveur des vins sulfatés a été trouvée en moyenne de 0.86 %.

M. E. CHUARD, professeur, ajoute à la communication faite par M. J. Dufour quelques observations concernant la composition des vins

non sulfatés, comparée à celle des vins sulfatés. Outre la différence notable dans la proportion d'alcool, en faveur des vins sulfatés, il a été constaté que l'extrait sec, préparé à 100°, est toujours plus fort dans ces derniers que dans les vins provenant de vignes atteintes par le mildew et non traitées. Quelques-uns de ces vins non sulfatés fournissaient même un extrait si faible, qu'en leur appliquant la méthode d'appréciation habituelle on eût pu les considérer comme gallisés, et cependant on avait toutes les garanties possibles de leur pureté.

La détermination des acides libres (exprimés en acide tartrique), dans les vins sulfatés et non sulfatés, a conduit à un résultat assez inattendu. Dans certains parchets (Tartegnins, Nyon, Aigle, etc.), où la proportion moyenne d'alcool était, en 1887, comprise entre 9 et 10 %, les vins *non sulfatés* ont montré régulièrement une acidité *plus forte* que les *vins sulfatés*. Dans d'autres vignobles (Orbe, Eclépens, Prangins, etc.), où la proportion moyenne d'alcool est plus faible et oscille entre 7 1/2 et 9 %, pour les échantillons examinés, la quantité d'acides libres est au contraire *plus faible* chez les vins *non sulfatés*. Il n'est pas possible de hasarder en ce moment une explication de ces singulières anomalies, qui n'ont apparu qu'au moment où les auteurs de ces observations ont dressé le tableau général des résultats d'analyses, alors que le matériel qui les avait fournies n'était plus entre leurs mains. La prochaine récolte, si elle permet de renouveler ces constatations, en fournira peut-être aussi une explication satisfaisante.

Des doutes ayant été élevés par M. GUILLEMIN sur l'exactitude des données du glucomètre, M. CHUARD donne des explications.

SÉANCE DU 16 MAI 1888.

Présidence de M. le Dr BLANC, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. Ganty-Berney, à Château-d'Ex, est présenté comme candidat par MM. Blanc et Chuard.

M. E. RENEVIER fait hommage à la Société du second numéro de *Eclogae geologicae Helvetiae*, bulletin de la Société géologique suisse.

Communications scientifiques.

M. Guillemín, ingénieur, montre un pistolet pour l'inflammation des mèches et fait quelques expériences à l'appui.

M. R. Guisan, ingénieur, fait circuler un « coco de mer », que M. Rouillard, juge à l'île Maurice, envoie à la Société. Il donne sur ces fruits les renseignements suivants :

Souvent les marins naviguant dans les mers des Indes recueillaient à la surface de la mer un énorme fruit, dont la forme étrange

lui valut de la part des matelots un nom grossier, mais caractéristique. Jamais on n'avait vu l'arbre qui le produisait, aussi, croyant qu'il provenait d'une plante sous-marine, reçut-il le nom de *coco de mer*. Grâce à sa provenance mystérieuse, ce fruit jouissait de la réputation de posséder des propriétés merveilleuses. En tout cas, c'était un fruit rare.

Il y a un certain nombre d'années, on découvrit dans deux ou trois des nombreux îlots qui forment l'archipel des Seychelles, le palmier qui produit ce fruit étrange, auquel on donna le nom de *Lodoicea Seychellensis* ou *Lodoicea Seychellarum*. Ce palmier pousse sur le rivage de ces petits îlots; le fruit, enveloppé de sa gaine fibreuse, tombe à la mer, ou est enlevé par les vagues et entraîné par les courants, celui de Mozambique entre autres; il était repêché parfois à plus de 500 lieues de son lieu d'origine, soit entre Ceylan et Sumatra, soit au sud de Madagascar, à la latitude de Natal.

La Société prie M. Guisan de remercier M. Rouillard et décide que ce fruit sera déposé au cabinet de botanique.

M. R. Guisan présente un profil du fond du lac entre Ouchy et Evian, dressé à l'occasion d'études qui se font pour établir entre ces deux localités une correspondance téléphonique.

M. Paul Mayor raconte qu'il a vu au fond de l'eau, à deux et trois mètres de profondeur, sur les côtes des Etats-Unis, des roches striées. Il demande si ces stries ne seraient pas glaciaires.

M. RENEVIER répond qu'il y a dans la nature des roches striées de provenances diverses.

SÉANCE DU 6 JUIN 1888.

Présidence de M. le Dr BLANC, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté avec une réserve.

M. Ganty-Berney, instituteur, à Château-d'Œx, est proclamé membre de la Société.

M. le président donne le programme de la journée du 20 juin, à Payerne.

Sont proposés comme candidats : MM. J.-L. Chuard, colonel; Neiss, docteur; Champion, voyer; L. Baud, directeur.

M. de Sinner ayant démissionné de ses fonctions de commissaire-vérificateur, **M. E. Renevier** sera prié de le remplacer provisoirement.

Communications scientifiques.

M. Schnetzler, professeur, présente un exemplaire d'*Eremurus robustus* Regel. Cette belle liliacée, de la tribu des Asphodèles, est originaire du Turkestan. La fleur est protérandrique, c'est-à-dire que

le pollen d'une fleur est prêt pour la fécondation, avant que le gynécée de la même fleur soit en état d'être fécondé. L'ovaire, d'un beau jaune citron, doit attirer les insectes qui viennent chercher du miel. Il a constaté que la coloration jaune de l'ovaire provient d'une huile jaune qu'on peut extraire à l'aide de l'alcool.

Cette plante a été cultivée à Lausanne chez M. François Pittet, horticulteur.

M. Golliez décrit la tortue trouvée à la Borde par M. Lugeon. Les caractères généraux rattachent ce chélonien au genre *Cistudo* et l'individu trouvé appartient à une espèce nouvelle. On connaissait jusqu'ici trois *Cistudes* de notre mollasse, la *C. Razoumowsky*, très large; la *C. Morloti*, connue par quelques fragments de son plastron, et, enfin, la *C. Heeri*, qui se rapproche de l'espèce nouvelle dont il est ici question. M. Golliez fait la description sommaire des caractères qui établissent la distinction entre cette espèce et la *C. Heeri*; il donnera, du reste, dans notre Bulletin, la description complète. Curieuse coïncidence, la plus belle tortue de la mollasse suisse trouvée jusqu'à présent était présentée il y a quelques années à notre Société par notre savant et regretté collègue M. Ph. de la Harpe. Dès lors, on n'a plus trouvé de tortue chez nous, jusqu'à cet exemplaire, lequel, à son tour, peut être déclaré le plus beau. M. Golliez, d'accord avec M. Lugeon, propose de dédier cette *Cistude* à M. Portis, professeur à Rome, savant distingué qui vient de donner une monographie très complète de nos chéloniens tertiaires; on l'appellera donc *Cistudo Portisi*.

M. F.-A. Forel, professeur, raconte ses impressions sur les phénomènes de lumière et de couleur observés en Algérie et comparés à ceux des Alpes.

Dans les contrées méridionales, comme dans les hautes altitudes, l'atmosphère est plus transparente, la lumière plus intense, les couleurs plus vives. La flore, en particulier, paraît plus éclatante. Cet éclat n'est pas objectif, mais il est dû à l'éclairage plus brillant. Des fleurs des Alpes, apportées parfaitement fraîches dans la plaine, n'y présentent plus la même intensité de couleurs; des pierres récoltées dans les Alpes et en Algérie semblent pâlir sous nos ciels brumeux.

Les mêmes faits se reconnaissent dans la couleur des eaux. La Méditerranée a presque la même nuance que le Léman; elle a les nos 4-8 de l'échelle Forel, tandis que le Léman arrive aux nos 6-8 en hiver, 10-12 en été. La plus grande limpidité des eaux de la Méditerranée explique cette petite différence dans la mesure; le rayon lumineux y traverse une plus grande épaisseur d'eau. Or, l'on sait qu'une solution bleuâtre tire d'autant plus vers le bleu que son épaisseur est plus grande. Quant à l'éclat plus brillant du bleu de la Méditerranée, il provient d'un éclairage plus vif.

De même dans les sources limpides de l'Algérie, Aïn-Tellout, Hammam-Sidi-Meïd, ou les lacs bleus des Alpes (lac Lucel, vallon d'Arolla) ont le même bleu que celui du Léman, mais plus intense et plus brillant.

M. Golliez présente à la Société quelques observations nouvelles sur les terrains crétaciques moyens de la vallée de Joux. Après avoir cité les auteurs qui ont parlé de la présence de ces terrains dans

La Vallée, M. Gollier fait voir comment il y a constaté le complet développement du gault et de l'aptéen et comment il est obligatoire de se représenter ces couches comme occupant leur place tout le long de La Vallée. (*Voir aux mémoires.*)

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 20 JUIN 1888, A PAYERNE.

Présidence de M. BLANC, président.

Le procès-verbal de la précédente séance est lu et adopté.

M. le président annonce quatre candidatures, celles de MM. Pfister, Champion, pharmacien; Joly et Gueissaz.

MM. *Chuard*, préfet; *Neiss*, docteur; *Baud* et *Champion*, voyer, sont reçus membres de la Société.

M. le président présente son rapport annuel sur la marche de la Société. (*Voir aux mémoires.*)

M. GOLLIER lit le rapport de la Commission de vérification des comptes, composée de MM. *Renavier*, de *Blonay* et du rapporteur. Elle propose l'établissement d'un compte de rentier, l'étude du remaniement des fonctions de caissier et l'approbation des comptes présentés. Elle propose, en outre, des remerciements au Comité, à M. *Pellet*, au caissier et au bibliothécaire.

Ces conclusions sont adoptées.

Trois membres honoraires sont à remplacer; on propose MM. *Risler* et *Paul de Gasparin* (présentés par MM. *Bieler*, *Chuard* et *J. Dufour*).

Une autre lettre propose M. *Coaz*, inspecteur fédéral des forêts (présenté par MM. *Forel*, *Bieler* et *Schnetzler*).

Ces Messieurs sont nommés membres honoraires de la Société vaudoise.

L'assemblée nomme MM. *Blanc* et *Chuard* comme délégués à la réunion de la Société helvétique des sciences naturelles, à Soleure.

M. *Renavier* est nommé membre de la commission de vérification des comptes, dont il a fait partie jusqu'ici à titre provisoire.

Communications scientifiques.

M. le professeur **H. Brunner**, en étudiant l'action des hydrocarbures aromatiques nitrés sur les phénols, a constaté qu'il se forme, outre le nitrobenzol et la résorcine, une matière colorante identique à la diazorésorufine de *Weselsky* et à la matière colorante obtenue par *Liebermann* par action de l'acide nitrosylsulfurique sur la résorcine. M. *Brunner*, en poursuivant cette étude, en partie avec ses assistants, MM. *Krämer* et *Chuit*, a pu donner une explication

de la réaction des nitrosodérivés, de la réaction de Liebermann, et a constaté que cette réaction repose sur la formation de matières colorantes, d'une superbe fluorescence et de propriétés dichroïques remarquables, et il appelle, à cause de cela, ces matières colorantes les *Dichroïnes*. Il a, en outre, constaté que les dichroïnes se forment par l'action du chlorure et du bromure de nitrosyle, qui se dégagent dans l'eau régale et l'eau régale bromée, sur les phénols qui, comme pour les réactions précédentes, doivent appartenir à la série « méta »; un oxhydryle se place vis-à-vis d'un atome d'azote dans la position « para ». Ceci explique aussi l'observation faite par M. Brunner, que les acides para-amidophénolsulfoniques se transforment en dichroïnes par une distillation sèche. Suivant le groupement des autres oxhydryles vis-à-vis de l'azote, M. Brunner distingue entre α — dichroïnes et β — dichroïnes. A côté des dichroïnes se forment presque toujours des matières colorantes non fluorescentes, dérivant du radical nitryle, que M. Brunner désigne comme *Oxychroïnes*. Enfin, les phénols dont les nitrosodérivés sont des Chinonoxides, comme par exemple le Thymol, forment des matières colorantes d'une autre constitution que les précédentes et sans fluorescence, les *Chroïnes*.

M. Henri Dufour, professeur, montre à la Société les premiers tracés obtenus avec un *hygromètre enregistreur* à lame de baudruche.

M. Et. Guillemin, ingénieur, lit un mémoire sur l'*origine des comètes*.

Le développement remarquable des queues de comètes est attribué par M. Faye à une force répulsive proportionnée à la surface. M. C. Flammarion, considérant la vitesse prodigieuse que certaines comètes ont acquise dans le voisinage du soleil, estime que le phénomène est dû à de la matière impondérable.

Ces deux hypothèses ne sont pas contradictoires, car la force répulsive étant proportionnelle à la surface, son rapport avec la force attractive est proportionnel à celui de la surface au volume, c'est-à-dire en raison inverse du diamètre des molécules soumises à l'action des dites forces.

Si donc les molécules, désagrégées par la chaleur, deviennent infiniment petites, la force attractive devient nulle relativement à la force répulsive; ensorte que l'état pondérable ou impondérable de la matière pourrait s'expliquer par une simple division plus ou moins grande de ses molécules.

Après la condensation du système solaire, les parties les plus divisées de la nébulosité furent repoussées par la chaleur et l'ensemble présenta l'apparence d'une nébuleuse analogue à celle de l'Orion, au sein de laquelle on distingue plusieurs soleils plongés dans une vapeur, qui a bien plus l'aspect d'une substance cométaire repoussée, que celle d'une matière en état de condensation, telle qu'on se le figure d'après l'hypothèse de Laplace.

Une partie de la nébulosité s'est perdue dans l'espace, une autre partie s'est condensée peu à peu, en formant des comètes qui sont allées se fixer et se désagréger autour d'autres mondes. Enfin, la plus grande partie est restée fixée au système solaire; de nombreuses comètes, dont les éléments se sont disséminés, ont donné lieu à plusieurs anneaux de poussières cosmiques; ceux-ci se sont

successivement condensés dans les temps anciens et ont, à plusieurs reprises, traversé l'orbite terrestre.

Prochainement, nous examinerons l'influence exercée par ces corpuscules cosmiques sur le relief du sol et sur le climat.

M. le professeur **Schnetzler** parle du mouvement rotatoire du protoplasma dans les cellules de *Chara fragilis* et d'*Elodea canadensis*. [Voir aux mémoires.]

M. **Charles Dufour**, professeur, à Morges, donne les renseignements qu'il a pu recueillir relativement à la trombe qui est apparue sur le lac Léman, devant Cully, le 19 août 1887, et qui, pendant huit minutes, a parcouru un espace de 6100 mètres. La colonne de cette trombe avait une hauteur de 106 mètres. [Voir aux mémoires.]

M. **Jean Dufour** montre des cartes établissant la situation phylloxérique actuelle du vignoble zurichois. Le parasite y a été découvert en 1886; puis, en 1887, de nombreuses taches nouvelles ont été constatées. Le vignoble de Regensberg-Dielsdorf est atteint d'une manière très grave et paraît voué, dans un avenir assez prochain, à une destruction certaine.

M. **J. Dufour** met ensuite en circulation des chenilles de la pyrale de la vigne, un parasite fort ancien, mais encore peu répandu chez nous. Ces chenilles ont été récoltées à Aigle, ces jours derniers, par M. Colomb, régent.

M. **F.-A. Forel** décrit les phénomènes de dispersion chromatique dans l'eau. Au foyer de convergence des surfaces cylindroïdes des vagues, les lignes de concentration lumineuse qui se dessinent sur le sol montrent les couleurs du spectre par dispersion à la surface de réfraction de l'eau. Le soleil étant le centre d'illumination, le rouge est extérieur, le bleu intérieur à ces lignes. Le phénomène est d'autant plus brillant que la lumière est plus vive et que l'eau est plus limpide, chaque forme de vague demandant du reste une profondeur déterminée de l'eau pour que le foyer de convergence frappe sur le sol.

M. Forel l'a étudié dans les eaux admirablement transparentes du lac Lucel, vallon d'Arolla (Valais) et de la piscine de Hammam-Sidi-Mecid, près Constantine, sous le soleil également puissant de la région alpine et du ciel de l'Algérie. Dans le lac Léman, l'apparition est beaucoup plus rare, mais elle y est cependant parfois visible.

M. **Forel** annonce la capture d'un nouvel exemplaire de *Gordius aquaticus* dans les eaux du Léman par les pêcheurs d'Ouchy. Ce ver, parasite des sauterelles et déposé par elles dans les eaux terrestres, est entraîné accidentellement dans le lac, à la faune normale duquel il ne saurait appartenir.

SÉANCE DU 4 JUILLET 1888.

Présidence de M. H. BLANC, président.

Le procès-verbal de la séance précédente est lu et adopté.

MM. Pfister, Champion, pharmacien; *Joly* et *Gueissaz* sont proclamés membres de la Société.

M. le président lit des lettres de remerciements de **M. Louis Dufour**, ancien professeur, auquel un télégramme avait été adressé de **Payerne**, de **MM. Risler** et **Coaz**, nommés membres honoraires.

Communications scientifiques.

M. Amstein. Les fonctions abéliennes. (*Voir aux mémoires.*)

M. Eugène Piccard. Origine et développement d'un troisième cotylédon chez plusieurs espèces du genre *Opuntia*. (*Voir aux mémoires*)

MM. JEAN DUFOUR et **FAVRAT** ajoutent quelques observations sur le même sujet.

M. le Dr Schardt décrit plusieurs gisements de terrains quaternaires avec coquilles terrestres et d'eau douce.

La première station se trouve au S.-O. de Nyon (aux Tattes), où la rive du lac Léman, coupée en falaise, offre une succession régulière d'argile glaciaire (à fleur de l'eau), de sables et graviers (4-5m), suivie d'une couche de craie lacustre (0.40m), terrain qui, jusqu'à présent, n'a pas été cité parmi les sédiments du lac Léman. Cette craie renferme de nombreuses coquilles lacustres (*Limnées*, *Planorbis*, *Bythinia*, etc.). Un lit de graviers et de sable sépare la craie lacustre d'une couche de limon argileux avec coquilles terrestres. Ce terrain est très semblable à une couche de 2m d'épaisseur qui affleure sur la rive gauche de la Promenthouse, en aval de la scierie du Cordex. Ses allures rappellent beaucoup celles du loess, à quoi s'ajoute encore sa faune, qui a beaucoup d'analogie avec celle du loess. Pendant qu'aux Tattes ce terrain repose sur des graviers charriés, sa base est formée au Cordex par l'argile glaciaire à galets striés.

Un troisième dépôt quaternaire décrit par M. Schardt est une sorte de terre calcaire et tufeuse qui se forme fréquemment sur le parcours des sources inconstantes qui se perdent dans les prairies. Sur les deux rives de l'Orbe, en aval de Vallorbes, ce terrain forme une nappe assez étendue, surtout en un endroit nommé la Californie. La faune de mollusques se compose de 40 espèces, toutes terrestres, sauf quelques espèces palustres, et qui vivent encore dans la région. Un dépôt analogue avec les mêmes coquilles a été mis à nu à Territet près Montreux, sur l'emplacement du nouvel hôtel des Alpes. (*Voir aux mémoires.*)

M. F.-A. FOREL cite quelques faits relatifs à la présence de plusieurs de ces coquilles dans le lac Léman, en particulier dans la

rade de Morges, où certaines espèces de *Bythinia* forment quelquefois des taches blanches visibles au loin.

MM. RENEVIER et GOLLIEZ parlent encore sur les sujets de la communication de M. Schardt.

M. F.-A. Forel apporte un bloc de calcaire très dur (crétacé moyen) de la gorge de Rhumel, à Constantine (Algérie), perforé par l'*Helix aspersa*. Les trous dans lesquels loge l'animal ont jusqu'à 10 à 12 centimètres de profondeur; ils sont percés de bas en haut. C'est un fait déjà signalé par Kobelt, pour cette même espèce, dans les gorges de l'Isser, près de Palestro, et pour l'*Helix Mazzulii* Jan. (peut-être une variété de l'*H. aspersa*) au Monte Pellegrino, près Palerme, Sicile. (Voyez Ch.-Th. Gaudin, *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, VI, p. 60.)

M. Forel expose une photographie et des croquis d'un palmier (*Phoenix dactylifera*) à six têtes qui a cru dans le jardin militaire de Biskra. La division du tronc s'est opérée à la hauteur de 1^m.50 environ; la division est complète.

M. Forel décrit un perfectionnement apporté par lui au filet de Müller pour la pêche des organismes pélagiques. Le fond du filet est formé par un cylindre de bois de 5 centimètres de diamètre et de 15 centimètres de longueur, alourdi par du plomb. Le cylindre est fermé par une toile mobile fixée par un anneau de caoutchouc. Après la pêche, cette toile est enlevée pour être lavée à loisir et est remplacée par une toile nouvelle.

LIVRES REÇUS

du 3 novembre 1887 au 7 novembre 1888.

I. Echanges.

(Pendant la période ci-dessus, quand le titre des publications est suivi de chiffres.)

Allemagne.

- BERLIN.** Deutsch. geolog. Gesellschaft. Zeitschrift, XXXIX, 2-4; XL, 1. Verhandlungen, 8.
— Physikal. Gesellsch. Fortschritte der Physik, XXXV, 1-3; XXXVIII, 3. Verhandlungen, 1887.
— Königl. preuss. Akad. der Wissensch. Sitzungsberichte, 1887, 49-54; 1888, 1-37.
— Königl. preuss. meteorol. Institut. Ergebnisse der meteorologische Beobachtungen in Deutschland. Jahrg. 1886.
— Botanischer Verein für die Provinz Brandenburg. Verhandlungen, XXIX.
- BONN.** Naturhist. Verein der preuss. Rheinlande. Verhandlungen XLIV, 2; XLV, 1.
- BRAUNSCHWEIG.** Verein für Naturwissensch. Jahresbericht, III-V.
- BREMEN.** Naturwiss. Verein. Abhandlung, X, 1-2.
- CARLSRUHE.** Naturwiss. Verein. Verhandlungen, 10.
- CASSEL.** Verein für Naturkunde. Berichte.
- CHEMNITZ.** Naturw. Gesellsch. Bericht, 10.
- COLMAR.** Soc. d'hist. natur. Bulletin, 27-29.
- DARMSTADT.** Verein für Erdkunde. Notizblatt, VIII.
- DRESDEN.** Naturwiss. Gesellsch. Isis. Sitzungs-Berichte, 1887; 1888, Jan.-Juni.
- DÜRCKEIM.** Pollichia. Naturw. Ver. der baier. Pfalz. Jahresber., 43-46.
- ELBERFELD.** Naturwiss. Verein. Jahresberichte.
- ERLANGEN.** Physik.-Medicin. Societät. Sitzungsberichte, 19^{tes} Heft.
- FRANKFURT a. M.** Senckenberg. naturf. Gesellsch. Bericht, 1888.
- FRANKFURT a. O.** Naturwissensch. Verein des Regierungsbezirkes. Monatliche Mittheilungen, IV; V, 1-9; VI, 1-3.
— Societatum Litteræ, 1888, 1-5; II, 2.
- FREIBURG i. B.** Naturf. Gesellsch. Berichte, II.

- GIESSEN. Oberhessische Gesellsch. für Natur- und Heilkunde. Berichte.
- GREIFSWALD. Naturw. Verein von Neu-Vorpommern und Rügen. Mittheilungen, Jahrg. 19.
- Geograph. Gesellsch. Jahresbericht.
- HALLE. Ksl. Leop.-Carol. deutsche Akad. der Naturforscher. Nova acta : XLVII, 5; XLIX, 3; L, 6; LI, 2; LII, 2.
- Naturw. Verein für Sachsen und Thüringen. Zeitschrift LX, 3-6.
- Verein für Erdkunde. Mittheilungen.
- HAMBURG. Verein für naturw. Unterhaltung. Verhandlungen. Jahresfeier.
- Naturhistorisches Museum. Bericht, 1886, 1887.
- Deutsche Seewarte. Meteorologische Beobachtungen, Jahrg. IX. Monatsbericht, 1887, 6-12; 1888, 1-2. Beiheft, I, II.
- HANAU. Wetterauische Gesellsch. für Naturk. Jahresb.
- HANNOVER. Naturh. Gesellsch. Jahresbericht, 34-37.
- HEIDELBERG. Naturh.-medizin. Gesellsch. Verhandlungen, III, 1; IV, 1.
- KIEL. Naturw. Verein für Schleswig-Holstein. Schriften, VII, 1.
- KÖNIGSBERG. Physik.-ökonom. Gesellsch. Schriften, XXVIII.
- LANDSHUT. Botanischer Verein. Bericht.
- LEIPZIG. Naturf. Gesellsch. Sitzungsberichte.
- Verein für Erdkunde. Mittheilungen, 1887.
- Wiedemann, G. u. E. Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie, 1887, 10-12; 1888, 1-9.
- Carus. Zoologischer Anzeiger, 241, 252; 264-284; 286-291.
- MAGDEBURG. Naturwissensch. Verein. Jahresbericht und Abhandlungen, 1887. Das Innere der Erde.
- MANNHEIM. Verein für Naturkunde. Jahresbericht.
- MULHOUSE. Société industrielle. Bulletin, 1887, sept.-déc.; 1888, janv.-mars; mai-sept.
- MÜNCHEN. Königl. bayer. Akad. der Wissensch. Sitzungsberichte, Math.-Physik. Cl. 1887, 2-3; 1888, 1-2.
- Gesellsch. für Morphologie und Physiologie. Sitzungsberichte II, 1-3; III, 1-3; IV, 1.
- MÜNSTER. Westfälischer-provinzial Verein. Jahresbericht, 15.
- Zoologische Section des W.-prov. Ver. Jahresber.
- OFFENBACH. Verein für Naturkunde. Berichte, 26-28.
- OSNABRÜCK. Naturwiss. Verein. Jahres-Berichte.
- REGENSBURG. Naturwiss. Verein. Berichte, I.
- STRASBOURG. Soc. des sc. agric. et arts de la Basse-Alsace. Bulletin mensuel, 1887, oct.-déc.; 1888, janv.-oct.
- STUTTGART. Verein für vaterländische Naturk. Jahreshäfte, 44.
- WIESBADEN. Verein für Naturk. Jahrbücher, 40.
- WÜRZBURG. Physik.-medizin. Gesellsch. Zeitschrift, XXI; Sitzungsberichte, 1887.
- ZWICKAU. Verein für Naturk. Jahresbericht.

Autriche.

- BRÜNN. Naturforsch. Verein. Verhandlungen, XXV. Bericht der meteor. Commission.
- BUDAPEST. Musée national de Hongrie. Revue, XI, 2. Vezetek.
 — Ungarisch-geolog. Anstalt. Mittheilungen, VIII, 6; Bulletin, XVII, 7-12; XVIII, 14. — Jahresbericht für 1886: Ueber ungar. Porcellanerden. Die Collectiv-Ausstellung ungarischer Kohlen auf der Wiener Weltausstellung, 1873. Mittheilungen über die Bohrthermen zu Harkany und den Bohrbrunnen zu Alesüth. Ueber die Vervendbarkeit der Rhyolithe für die Zwecke der Keramischen-Industrie.
- GRÄZ. Verein der Ärzte. Mittheilungen. Chronik, 1863-1888.
 — Naturwissensch. Verein. Mittheilungen, 1886.
- INNSBRUCK. Natur-mediz. Verein. Berichte, XVI.
- KLAGENFURT. Naturhist. Landes-Museum. Jahrbuch, Bericht.
- KLAUSENBURG. Medic.-Naturwiss. Section des Siebenbürgischen Museum Vereins. Orvos-Term. Ertesito, 1887, I, 1-3; II, 1-3; III, 1-2; 1888, II, 1; XIII, 1-2. Abhandlung, 1.
- PRESBURG. Verein für Naturk. Verhandlungen, 5-6.
- TRIESTE. Societa adriatica di sc. naturali. Bollettino, X.
 — Museo civico di storia naturale. Atti.
- WIEN. K. k. geolog. Reichsanstalt. Jahrbuch, XXXVII, 2-4; XXXVIII, 1-3. Verhandlungen, 1887, 9-18; 1888, 1-7, 9-12.
 — K. k. geograph. Gesellsch. Mittheilungen, XXX.
 — Cesterreich. Gesellsch. für Meteorologie und deutsche meteor. Gesellsch. Meteorologische Zeitschrift, 1887, Nov.-Dez.; 1888, Jan.-Oct.
 — Zoolog.-botan. Gesellsch. Verhandl., XXXVII, 3-4; XXXVIII, 1-2.
 — Verein zur Verbreitung naturw. Kenntnisse. Schriften XXVIII.
 — K. k. Naturhist. Hofmuseum. Annalen, I, 1-4; II, 1-4; III, 2.

Belgique.

- BRUXELLES. Académie royale. Bulletin. — Annuaire. — Mémoires, in-4. — Mém. couronnés et des savants étrangers. — Mém. cour. et autres mém., in-8. — Bibliographie académique.
- Observatoire royal. Annales astr.
- Société malacologique, Annales. — Procès-verbaux, 1887, p. 81-141.
- Soc. entomologique. Annales, XXXI. Procès-verbaux. Table v. I-XXX.
- Soc. royale de botanique. Bulletin.
- Soc. géologique. Annales.
- Soc. belge de microscopie. Procès-verbaux, XIII, 2-4; XIV, 1-4, 6. Annales, XI.
- LUXEMBOURG. Institut royal grand-ducal. Publications. Observations météor., vol. III, IV.
- Société de botanique. Recueil des mémoires.

Empire britannique.

- ADELAÏDE. Royal society of South Australia. Transactions and Proceedings.
- BELFAST. Natur. hist. and philosoph. society. Proceedings, 1886-87.
- BRISTOL. Naturalist's society. Proceedings, V, 3.
- CALCUTTA. Geological Survey of India. Palæontologia indica. Mémoires, in-8. Records, XX, 3-4; XXI, 1-3.
- DUBLIN. Royal geological society of Ireland. Journal, VII, 2; VIII, 2.
 — Royal Irish Acad. Transactions, XXIX, 1, 2. Proceedings pol. lit. II, 8; science. Cunningham Memoirs, IV. — List of the papers, 1786-1886.
 — Royal society. Scient. Proceedings, V, 7-8; VI, 1-2. Scient. Transactions, III, 14; IV, 1.
 — University biological Association. Proceedings.
- EDINBURGH. Geolog. society. — Transactions.
 — Royal society. Proceedings, XII-XIV. List.
- KEW. Observatory. Report.
- LONDON. Royal microscop. society. Journal, 1887, 6, 6a; 1888, 1-5.
 — Geological society. Quarterly Journal, 172-175.
 — Linnean society. Journal. Zoology, Botany, 145-149, 151, 158. Proceed.
 — Royal society. Proceedings, 259-265, 267-270.
 — Carrington, J.-T. The entomologist, [233, 244, 247], 295-306.
 — Zoological society. Proceedings, 1887, 3-4; 1888, 1-2.
 — Whitaker, W. Geological Record.
- MANCHESTER. Geological society. Transactions, XIX, 11-20.
 — Literary and philosophical Society. — Proceedings, XXV-XXVI. — Memoirs, X.
- MONTREAL. Royal Society of Canada. Proceedings and Transact., III, IV.
- OTTAWA. Geological and natur. History Survey of Canada. Rapport annuel, II. Canadian plants, III, IV.
- SIDNEY. Royal society of New-South Wales. Transactions and Proceedings, XX, XXI.
 — Australian Museum. Annual Report.
- TAUNTON. Archeological and natural History. Proceedings, 1887.
- TORONTO. Canadian Institute. Proceedings, V, 1.
- VICTORIA. Natural History. Prodromus of the zoology, I-XV.

Danemark.

- COPENHAGUE. Académie royale. Bulletin, 1887, 2-3; 1888, 1.
 — Naturhistorische Forening. Videnskabelige Meddelelser, 1884-1887.

France.

- ABBEVILLE. Société d'émulation. Bulletins, Mémoires, IV. Bulletin des procès-verbaux, 1886-1887.
- ALGER. Association scientifique algérienne. Bulletin.
 — Soc. algérienne de climatologie. Bulletin, 1886, 1887.

- AMIENS.** Société linnéenne du Nord de la France. Bulletin, 175-186. Mémoires.
- ANNECY.** Soc. florimontane. Revue savoissienne, 1887, 11-12; 1888, 1-11.
- ANGERS.** Société d'études scientifiques. Bulletin.
— Acad. des sc. et belles-lettres. Mémoires.
- AUXERRE.** Soc. des sc. histor. et natur. de l'Yonne. Bulletin, 41, 1-2.
- BESANÇON.** Soc. d'émul. du Doubs. Mémoires, 6^e sér., 1.
- BÉZIERS.** Soc. d'étude des sc. natur. Bulletin.
- BORDEAUX.** Soc. des sc. hist. et natur. Mémoires, II, 2; III, 1. Observat. pluviom. et thermom., 1885, 1886.
— Soc. linnéenne. Actes, XL, XLI.
- CAEN.** Soc. linnéenne de Normandie. Bulletin, 4^e sér., I.
- CHAMBÉRY.** Acad. des sciences. Mémoires, XII, 4^e sér., I. Documents, VI. — Description géologique et paléontologique de la colline de Lémenc.
— Société d'histoire naturelle de Savoie, I, 1-4; II, 2.
- CHERBOURG.** Soc. des sc. natur. Mémoires, XXV.
- DAX.** Société de Borda. Bulletin, 1887, 4; 1888, 1-3.
- DIJON.** Académie. Mémoires, 1885-1886.
- LA ROCHELLE.** Société des sciences naturelles de la Charente inférieure. Annales, 1886.
- LE MANS.** Soc. d'agric. et des arts de la Sarthe. Bulletin, XXX, 4; XXXI, 2, 3.
- LILLE.** Soc. géologique du Nord. Annales, XIV.
— Société des sciences, de l'agriculture et des arts. Mémoires (ne nous parviennent pas depuis 1880).
- LYON.** Acad. des sc., bell.-lett. et arts. Mémoires; Sciences; Lettres.
— Soc. d'agricult., d'hist. natur. et des arts utiles. Annales.
— Lyon scientifique et industriel, 1887, 8-12; 1888, 1-7.
- MONTPELLIER.** Revue des sc. naturelles.
- MARSEILLE.** Société de statistique. Répertoire des travaux. Comptendu, 1886, 1887.
— Soc. scientif. industrielle. Bulletin, 1887, 2. Procès-verbaux.
— Soc. scientif. Flammarion. Bulletin, 3^e année.
- NANCY.** Académie de Stanislas. Mémoires, IV.
— Société des sciences. Bulletin, VIII, 20, 21.
- NIMES.** Soc. d'étude des sc. natur. Bulletin, 1887, 1-3.
- PARIS.** Société zoologique. Bulletin, 1887, 2-6; 1888, 1-6.
— Académie des sciences. Comptes-rendus, CV, 18-26; CVI; CVII, 1-18. Tables.
— Soc. des ingénieurs civils. Mém., 1887, 8-12; 1888, 1-8. Annuaire, 1888.
— Soc. géol. de France. Bulletin, XV, 4-8; XVI, 1-5. Mémoires, IV, 3.
— Institut national agronomique. Annales.
— Société minéralogique. Bulletin, X, 7-9; XI, 1-6. 1^{re} table décennale.
— Jeunes naturalistes. Feuille, 206-214, 216, 217. Catalogue, III.
— Soc. d'anthropologie. Bulletin, X, 3-4; XI, 1-2. Mémoires, III, 3-4.

- PARIS. Huberson. Brebissonia.
 — Ecole polytechnique. Journal, 56, 57.
 — Soc. française de physique. Séances, 1887, avril-déc.; 1888, janv.-mars. Résumé des communications, — Mémoires relatifs à la physique.
 PERPIGNAN. Soc. des Pyrénées orientales, XXVIII, XXIX.
 REIMS. Soc. d'hist. natur. Bulletin. Proc.-verb.
 ST-DIÉ. Soc. philom. vosgienne. Bulletin, 12, 13.
 SEMUR. Soc. des sc. histor. et natur. Bulletin, 2^e sér. III.
 TOULOUSE. Soc. d'hist. natur. Bulletin, 1887.

Hollande.

- AMSTERDAM. Acad. roy. des sc. Verslagen en Mededeelingen. Naturk.; Letterk. Proc.-verb., Jahrboek.
 — Société royale de zoologie. Tijdschrift.
 BATAVIA. Magnetical and meteorological observatory.
 HARLEM. Musée Teyler. Archives, III, 1-2. Catalogue, 5-8.
 — Soc. hollandaise des sc. Archives, XXII, 2-5.
 UTRECHT. Institut météorol. des Pays-Bas. Jaarboek.

Italie.

- BOLOGNE. Accad. delle scienze dell'istituto. Rendiconto, 1886-87.
 CATANE. Accademia Gioenia di sc. natur. Atti.
 MILAN. Reale istituto lombardo. Rendiconti, XX. Memorie, XVI, 2.
 — Soc. italiana di sc. natur. Atti, XXX, 1-4.
 MODÈNE. Soc. dei naturalisti. Annuario. Memorie, ser. 3, VI. Rendiconti, III, p. 49-128.
 NAPLES. Station zoologique. Mittheilungen, VIII, 1-2.
 PISE. Soc. toscana di sc. natur. Atti. Memorie.
 PAVIE. Maggi, Zoja, de Giovanni. Bollettino scientifico, IX, 3-4; X, 1-2.
 ROME. Reale accademia dei lincei. Atti, III *b*, 4-13; IV *a*, 1-12. Memorie.
 — Comitato geologico d'Italia. Bollettino, XVIII.
 VENISE. Reale istituto veneto. Atti, V, 2-9.

Portugal.

- LISBONNE. Section des travaux géologiques. Communicações, I, 2. Recueil d'études paléontologiques. Faune crétacique du Portugal. Estudo sobre os bilobites; supplemento. Description de la faune jurassique du Portugal. Mollusques lamellibranches; 2^e ordre, Asiphonidæ.

Russie.

- DORPAT. Naturforscher Gesellsch. Archiv. Biolog. Mineralog. Sitzungsberichte, VIII, 2. Schriften, 2-4.
 — Meteorologische Beobachtungen, 1887, Oct.-Dez.; 1888, Jan.

- EKATERINBOURG. Soc. ouralienne d'am. des sc. nat. Bulletin.
 HELSINGSFORS. Soc. pro fauna et flora fennica. Meddelanden. Acta.
 KHARKHOW. Soc. médic. de l'Université. Travaux, 1886-88.
 KIEW. Soc. des naturalistes. Mémoires, IX, 1, 2.
 MOSCOU. Soc. impér. des naturalistes. Bulletin, 1887, 4; 1888, 1-2.
 Nouveaux mémoires.
 ODESSA. Soc. des naturalistes de la Nouvelle-Russie. Mém., XII, 2;
 XIII, 1. Bulletin.
 ST-PÉTERSBOURG. Acad. impér. des sciences. Bulletin, XXXII, 1-4.
 — Id. Repertorium für Meteorologie, X. Supplementband, V.
 — Observatoire physique central. Annales, 1886, 1-2.
 — Jardin impérial de botanique, X, 1.
 — Comité géologique. Mémoires, II, 4, 5; III, 3. Bulletins, VI,
 8-10, suppl. — Carte géologique, feuille.
 — Société impériale russe de géographie. Bulletin, XXIII, 4-6;
 XXIV, 1-2. Procès-verbaux, 1887.

Scandinavie.

- CHRISTIANIA. Université royale de Norvège. Aarsberetning. Forhand-
 linger, I, 1886. — Schübeler. Viridarium norvegicum, II.
 — Commission géodésique. Publications.
 STOCKHOLM. Acad. royale des sc. Bulletin. Biographie des membres.
 (Mémoires) Handlingar. Meteor. Bihang (suppl. aux mém.).
 — Entomologisk Tidskrift. VIII, 1-4.
 TROMSO. Museum. Aarshefter, X.
 UPSAL. Societas regia scientiarum. Nova acta, XIII, 2.

Suisse.

- AARAU. Naturforschende Gesellsch. Mittheilungen.
 BALE. Naturf. Gesellsch. Verhandlungen, VIII, 2.
 BERNE. Soc. helvét. des sc. natur. Verhandlungen, 70. Nouveaux
 mémoires, XXX, 1.
 — Conseil fédéral. Mémoire sur la construction du chemin de
 fer du Gothard, II.
 — Commission géologique fédérale. Matériaux pour la carte
 géolog. de la Suisse. Feuille V, XXI; XXV et titre. Livr. 22,
 texte et atlas. Beilage zur 24 Lief, II. Theil.
 — Naturforschende Gesellsch. Mittheilungen, 1169-1194.
 COIRE. Naturf. Gesellsch. Jahresberichte, XXX, XXXI.
 FRAUENFELD. Naturf. Gesellsch. Mittheilungen, 8.
 FRIBOURG. Soc. des sc. natur. Bulletin, 1883-87.
 GENÈVE. Soc. de phys. et d'hist. natur. Mémoires, XXIX, 2.
 — Institut national. Bulletin, XXVIII. Mémoires.
 — Soc. de géographie. Le Globe. Bulletin, XXVII, 1-2. Mémoire.
 — Société botanique. Bulletin, IV.
 LAUSANNE. Club alpin suisse (section des Diablerets). Jahrbuch
 u. Beilagen.
 — Le Monde de la science et de l'industrie, 1887, 21-24; 1888,
 1-10.

- LAUSANNE. Soc. géologique suisse. *Eclogæ geologicæ helveticæ*, I, II.
 NEUCHÂTEL. Soc. des sc. naturelles. Bulletin.
 PORRENTURY. Société jurassienne d'émulation. Actes.
 ST-GALL. Naturf. Gesellsch. Berichte über die Thätigkeit, 1885-86.
 SCHAFFHOUSE. Schweiz. entomologische Gesellsch. Mittheilungen,
 VII, 10; VIII, 1.
 SION. Soc. murithienne. Bulletin des travaux.
 ZÜRICH. Naturf. Gesellsch. Vierteljahrsschrift, 1886, 3-4; 1887, 1-3.
 — Schweiz. meteor. Beobacht., 1886. Supplementband.

Amérique.

- BOSTON. American acad. of arts and sciences. Proceedings, XIV, 2.
 — Natural history society. Mem. IV, 1-6. Proceedings.
 BUFFALO. Society of natural sciences. Bulletin, V, 2.
 CAMBRIDGE. Mass. Museum of comparative Zoölogy. Bulletin, XIII,
 5-10; XIV, XV; XVI, 1; XVII, 1. Annual report, 1886-87.
 — American association for the advancement of sciences. Pro-
 ceedings, XXXIV-XXXVI.
 — Entomolog.-club. Psyche.
 CHICAGO. Academy of sciences. Transactions.
 DAVENPORT. Acad. of nat. sc. Proceedings.
 JOWA-CITY. Hinrichs, Gust. Jowa weather. Report, 1886. — Fifth
 biennial Report. — A few facts about the Jowa weather
 service. — Flag signals. — The Jowa weather service and
 how it is supported. — Choice selections from the recent
 history of the administration of the state University of
 Jowa. — The climate of southern Russia an Jowa com-
 pared. — To my Friends correspondents and Observers.
 MADISON. Wisconsin Academy of sc., arts a. letters. Transactions.
 MERIDEN. Conn. Scientific Association. Transactions, II.
 NEW-HAVEN. Connecticut Academy of arts and sciences. Transac-
 tions, VII, 2.
 NEW-YORK. Acad. of sciences. Annals, IV, 1-4. Transact.
 — American museum of natural history. Bulletin. Annual Re-
 port, 1887-88.
 — Journal of compar. medecin and Surgery, IX, 1, 2.
 PHILADELPHIE. Acad. of natural science. Proceedings, 1887, 1-3;
 1888, 1.
 — American philosophical society. Proceedings, 125, 127.
 — Franklin institute. Journal, 743-754.
 — Wagner free Institut. Transactions.
 RALEIGH. Elisha Mitchell Scientific Society. Journal, 1887, 1888.
 SALEM, Mass. Essex institute. Bulletin, XVIII, 1-12.
 — Peabody Academy of science. Annual Report. Memoirs.
 SAN FRANCISCO. California academy of sciences. Bulletin, II, 5-8.
 ST-LOUIS. Acad. of science. Transactions.
 WASHINGTON. Department of agriculture. Report.
 — Smithsonian institution. Annual report.

- WASHINGTON. Geological survey. Mineral Resources of the Un. St. Monographs : X. Bulletin, 34-39. Sixth Ann. Report.
- American medical association. Transact., Journal, IX, 17-21, 23-27; X, 1-6, 8, 10-26; XI, 1-14, 16.
- Bureau of ethnology. Annual Report. Perforated stones from California. — The use of gold and other metals among the anciens inhabitants of Chiriqui, isthmus of Darien. — Bibliography of the Eskimo language. — Bibliography of the Siouan languages. — Work in Mound exploration.
- CORDOBA. Acad. nacional de ciencias de la Republica Argentina. Boletín, X, 1, 2; XI, 1. Actas, II, 1; V, 3.
- MEXICO. Sociedad científica Antonio Alzate. Memorias, I, 4, 9-12; II, 1-3.
- RIO DE JANEIRO. Museu nacional. Archivos.
- SANTIAGO. Wissensch. Verein. Verhandlungen, 5, 6.

II. Dons.

- Biblioteca nazionale centrale Vittorio-Emanuele. Bollettino delle opere moderne straniere, I, tit. et ind.; II, 1, 4-6, indici; III, 1-3.
- BRUXELLES. Règlement général du grand concours international des sciences et de l'industrie.
- CHAVANNES, S. Eugène Rambert.
- CORREYON, H. Le vote de blâme de la Société Murithienne.
- CHUARD, E. L'azote dans l'air, le sol et les plantes.
- FAVRE, E., et SCHARDT, H. Revue géologique suisse, XVII, 1886; XVIII, 1887.
- FAYE, H. Sur les tempêtes. Théories et discussions nouvelles.
- FOL, H. Recueil zoologique suisse, IV, 4.
- FOL, H., et SARASIN, Ed. Pénétration de la lumière du jour dans les eaux du lac de Genève et dans celles de la Méditerranée.
- FORDHAM, H.-G. Rapport of the « Local scientific societies » Committee. — On a collection of fossils from the upper Greensand of Morden, Cambridgeshire. — A naturalist's calendar for the northern border of Hertfordshire. — A record of water level in a deep chalk well at Barley, Herts. — On the importance of recording erratic blocks. — On local museums. — Fog-Bows at Odsey. — Notes on the structure sometimes developed in chalk. — Notes on boulders on boulder-clay in North Hertfordshire. — Provincial museums of the United Kingdom.
- (Don de M. Fordham.) ELSDEN, J.-V. On the microscopic structure of Boulders found in the north of Hertfordshire.
- BONNEY, T.-G. On the microscopic structure of a Boulder from the Cambridge Greensand found at Aschwell, Herts.
- FOREL, F.-A. La pénétration de la lumière dans les lacs d'eau douce, 1887. — Instruction pour l'étude des lacs.

(Don de M. F.-A. Forel.) Agassiz und seiner Freunde geologische Alpenreisen in der Schweiz, Savoyen und Piemont, 1847.

Geological Survey of N. South Wales. Geology of the vegetable creek Tin-mining Field. Department of mines N. s. W. — Annual Report, 1886.

GUILLEMIN, Et. Hypothèse sur l'origine des comètes.

HAGENBACH, Ed., et FOREL, F.-A. La température interne des glaciers.

HAUG, Em. Extraits de l'Annuaire géologique, III, p. 541-555 : Allemagne, Autriche, Suisse.

HEBERT, Ed. Phyllades de St-Lô et conglomérats pourprés.

Iron and coal Trades Review, n° 1028, 11 nov. 1887.

KRIEG, Mart. praktische Physik. Zeitschrift für Experimentalphysiker, 1888, nos 1, 3.

DE LORIOL, P. Note sur la géologie de la province d'Angola.

(Don de Mme J. Marguet.) Cartes synoptiques journalières construites par N. Hoffmeyer, directeur de l'Institut météorologique danois. Année 1874, janv.-juin, août-nov.; 10 grands cahiers oblongs.

MARGUET, J. Observations météorologiques, 1859, 18 ex.; 1867-1871, 3 ex.; 1868, juin-nov., 5 ex.; 1871, 11 ex.; 1872, déc. 1871-mai, 84 ex.; 1873, avril-sept., 17 ex.; 1874, déc. 1873-août, 7 ex.; sept.-nov., 15 ex.; 1875, 34 ex.; 1876, 61 ex.; 1877, 50 ex.; 1878, 25 ex.; 1874-1879, 32 ex.; 1880, 1 ex.; 1881, 32 ex.; 1882, 11 ex.; 1883, 29 ex.; 1884, 11 ex.; 1885, 28 ex.; 1886, 34 ex. — Résumés météorologiques 1859 et 1860, 1 ex.; 1861, 1862, 10 ex.; 1863, 1864, 2 ex. — De la température moyenne de Lausanne, déduite de 3 années d'observations, 1855, 1856 et 1857. — A propos de l'éclipse de soleil du 18 juillet 1860, 3 ex.

MEYER, J. Le percement des grands tunnels sous les Alpes, 1888.

PLANTAMOUR, Ph. Des mouvements périodiques du sol accusés par des niveaux à bulle d'air.

PLATEAU, F. Observations du Blaniulus guttulatus et expériences sur la perception de la lumière par ce myriapode aveugle. — Recherches expérimentales sur la vision chez les Arthropodes, 1^{re}, 2^e et 3^e parties. — Observations sur une grande scolopendre vivante. — Expériences sur le rôle des palpes chez les Arthropodes maxillés. 3^e et dernière partie : Organes palpiformes des crustacés.

PREUDHOMME DE BORE, A. Liste des 105 espèces de coléoptères lamellicornes actuellement authentiquement capturés en Belgique.

PREVOST, J.-L. Rapport du président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour l'année 1886.

RECLUS, E. Nouvelle géographie universelle. XIII, l'Afrique méridionale, 1888.

(Don de M. Reclus.) FORET, Aug. Un voyage dans le Haut Sénégal. Description du fleuve.

GROTH. Étude clinique sur la valeur de l'antipyrine spécialement appliquée à la thérapeutique, 1886.

- [Don de M. Renevier.] Ueber eine neue Quellentheorie auf meteorologischer Basis, v. Dr Otto Volger.
Führer durch das kgl. mineralogisch-geologische und prähistorische Museum zu Dresden.
- VON FELLEBERG, Ed. Geologische Uebersicht über das Excursionsgebiet den centralen Theil des Finsteraarhornmassivs. — Granit und Gneiss in den Berner Alpen.
- DEWALQUE, G. Quelques dosages du fer des eaux de Spa.
- FATIO, V. Rapport du président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour 1887.
- Procès-verbal de la séance du 18 mars 1888, de la Société géologique de Belgique.
- KILIAN. Système crétacé.
- PETITCLERC. Note sur le lias inférieur.
- CHOFFAT, P. Dos terrenos sedimentares da Africa portugueza.
- JENTSCH, Alf. Ueber die neueren Fortschritte der Geologie Westpreussens.
- DE MARGERIE. Compte-rendu de publications relatives à la géologie de l'Asie et de l'Amérique, 1887. — Islande, Scandinavie (géologie en 1887).
- FRITSCH, Ant. Principien der Organisation der naturhist. Abtheilung des neuen Museums, zu Prag, 1888.
- LÆWINSON-LESSING. Die mikroskopische Beschaffenheit des Sordawalits.
- Notice sur les travaux scientifiques de M. Cotteau (Echinides). 1885.
- COTTEAU, G. La géologie au congrès scientifique de Nancy en 1886; — id. à celui de Toulouse, 1887.
- HAAS, H. Ueber die Lagerungsverhältnisse der Juraformation in Gebirge von Fanis in Südtirol.
- Die Catastrophe von Zug, 5 Juli 1887.
- BOMBICI, L. Sulla ipotesi dell' azione e selezione magnetica del globo terrestre sulle materie cosmiche interplanetarie contenenti ferro, 1887. — Sulla costituzione fisica del globo terrestre, sull' origine della sua crosta litofide, sulle cause dei moti sismici che più frequentemente vi avvengono, 1887.
- Resoconto sul lavoro della carta geologica d'Italia.
- NICOLIS, E., e PARONA, C.-F. Note stratigrafiche e paleontologiche sul Giura superiore della provincia di Verone, 1885.
- BALTZER, A. Mineral-geolog. Notizen, 1887.
- JUDD, J.-W. Address delivered at the anniversary meeting of the geological society of London, febr. 1888.
- SPENCER, J.-W. Notes upon Warping of the Earth's crust in its relation to the origin of the Basins of the Great Lakes. — Glacial erosion in Norway and in high latitudes. On theory of glacial motion, 1888.
- DE ROUVILLE. L'horizon armoricain dans la région de Cabrières (Hérault). — Note complémentaire sur le prolongement du massif de Cabrières.
- DAUBRÉE, A. Les météorites et la constitution du globe terrestre.
- COGELS. Notice bibliographique sur l'ouvrage de M. J. Jorié, intitulé: Contributions à la géologie des Pays-Bas.

WINCKLER, J.-C. Carte géologique des dépôts de l'époque diluvienne dans les Pays-Bas.

LUNDGREN, A.-B. On Sveriges Kritfauna. Nagra anteckningar.

DE LA HOUSSE. Les Dinosaures et le transformisme, 1888.

DE MORTILLET. Les sépultures de Solutré, 1888.

HOVELACQUE, M. Sur les propagules du *Pinguicula vulgaris*.
— Sur les tiges souterraines de l'*Utricularia montana*.

GERHARD VOM RATH. Eine Lebensskizze.

GUIRAUD, Edm. Notice biographique.

NIKITIN. Sur la propagation de quelques ammonites jurassiques.

Congrès géologique international, 4^e session. Londres, 1888.

Résumés des rapports des sous-comités américains.

Stabilimenti scientifici della R. università di Bologna, 1888.

Geological Department on the British Museum (Natural History).

GOODCHILD, J.-G. Observations upon the stratigraphical relations on the Skiddaw slates.

SORET, Ch. Sur l'application des phénomènes de réflexion totale à la mesure des indices de réfraction des cristaux à deux axes.

Anuarulu biuroului geologicu. An. 1882-1883, 3; 1888, V, 1.

VERREY. Hemichromatopsie droite absolue.

NATHORST, A.-G. Nya anmärkningar om *Williamsonia*. — Nagra ord om Schwarzwalds natur af horstbildning.

BLANFORD, B.-T. Homotaxis, as illustrated from indian formations.

LANGSDORFF, Wilh. Geologische Karte der Gegend zwischen Laubbüsse, Clausthal, Altenau, dem Bruchberge und Osterode. — Ueber den Zusammenhang der Gangsysteme von Clausthal und St-Andreasberg. — Gang und Schichten Studien aus dem westliche Oberharz.

LANG, Fr. Die Einsiedelei und die Steinbrüche bei Solothurn.

WOODWARD, H. Address to the geological section of the British association.

POSTLETHWAITE, J. a. GOODCHILD, J.-G. On some trilobites from the Skiddaw slates.

Congrès géologique international, Londres 1888. Liste générale des membres.

BONNEY, T.-G. The foundation-stones of the Earth's crust.

GOODCHILD, J.-G. Observations on the disposition on the cubital coverts in birds.

A Broader field for the United states geological survey.

Editorial comment. The parliament of science in the United States.

STERRY HUNT, T. Mineralogical evolution.

DE ROUVILLE. La Société géologique de France à Commeny.

DEVALQUE, G. Congrès géologique international, 1888. Commission pour l'uniformité de la nomenclature.

Congrès géologique international, 1888 : Procès-verbal de la séance du mercredi 19 sept. et jeudi 20. — Discours de M. le professeur J. Prestwich, président. — Résumés des rapports des sous-comités américains. — Etudes sur les schistes cristallins.

- GAUDRY, Alb. Sur les dimensions gigantesques de quelques mammifères fossiles.
 DUPARC, L. Notices cristallographiques.
 DE GROSSOUVRE. Observations sur l'origine du terrain sidérolithique.
 RUTOT et VAN DEN BRËECK. Documents nouveaux sur la base du terrain tertiaire en Belgique.
 TOPLEY. Note sur la carte d'Angleterre.
 FIRKET, Ad. Minéraux artificiels pyrogènes. Fayolite. — Alluvions modernes de la vallée de la Meuse.
 GOSSELET. Leçon d'ouverture du cours de géologie appliquée à la géographie.
 ROUX, F. Interrupteur électrique J.-E. Lecoultré.
 SCHARDT, H. Les eaux souterraines à l'époque actuelle et aux époques anciennes, par Daubrée.
 DE SINNER, Ch. La France et le Simplon, 1888.
 SORET, J.-L. Sur quelques phénomènes de mirage. — Note sur les paranthélies. — Sur la polarisation atmosphérique.
 STEENSTRUP, Jap. Kjökkenmöddinger. Ein gedrängte Darstellung dieser Monumente sehr alter Culturstadien, 1886.
 STUDER, Th. Versuch eines Systemes der Alcyonaria. — Ueber den Steinkern des Gehirnraumes einer Sirenoïde aus dem Muschelsandstein von Würenlos (Kt Aargau).
 United States national Museum. Report, 1885, II.
 WEIRAUCH, K. Privatbeobachtungen der Regenstation Alswig, im Jahre 1886.
 WOLF, Rud. Astronomische Mittheilungen, LXX, LXXI.

III. Livres achetés en 1886-1888.

- PERRIER. La philosophie zoologique avant Darwin.
 LENTHERIC. Le Rhône alpestre en Valais.
 DE CANDOLLE. Histoire des sciences et des savants.
 MIGUEL. Organismes de l'atmosphère.
 CHATIN. Les organes des sens.
 AGASSIZ. Sa vie et sa correspondance.
 DARWIN, C. Id.
 BRÜCHNER. Die Vergletschung des Salzachgebietes.
 FAVRE, Alph. Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse, voisines du Mont-Blanc.
 SIMON. Arachnides, III et IV.
 GERBER. Ornithologie européenne.
 BEHM. Die Bivalven der Stramberger-Schichten.
 KIRCHNER. Die microcopische Pflanzenwelt des Süßwassers.
 BLOCHMANN. Die microscopische Thierwelt.

HERZEN, Al. Activité cérébrale.

MOHN. Grundzüge der Meteorologie.

MÜLLER, Joh. Lehrbuch der Kosmischen Physik.

Rabenhorst. Kryptogamen-Flora. I, 1-2; II, IV. Lief. 1-8.

IV. Abonnements et souscriptions.

Archives de la Bibliothèque universelle.

Archiv für Naturgeschichte.

BERGHAUS. Physikalischer Atlas.

Biologischer Centralblatt.

BRONN. Klassen und Ordnungen des Thier-Reichs.

GMEHLIN-KRAUT. Handbuch der Chemie.

Mémoires de la station zoologique de Naples.

Mémoires de la Société paléontologique suisse.

Nouveaux mémoires de la Soc. helvétique des Sc. naturelles.

Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.



SOCIÉTÉ VAUDOISE
DES
SCIENCES NATURELLES

N° 100, publié en décembre 1889. Prix 4 fr. 50
N° 101, » juillet 1890 » 3 » —

Prix du vol. XXV

7 fr. 50

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ VAUDOISE
DES
SCIENCES NATURELLES

publié sous la direction du Bureau

PAR

FÉLIX ROUX



3^e S. — Volume XXV

Ce volume contient les Bulletins N^{os} 400 et 401
publiés en 1889 et 1890.



LAUSANNE
LIBRAIRIE F. ROUGE, RUE HALDIMAND.

—
1890

Soc. Reg. Lond.

Lausanne. — Imp. CORBAZ & Comp.

TABLE DES MATIÈRES DU VOLUME XXV

(Bulletins n^{os} 100 et 101.)

Les chiffres romains se rapportent aux pages des procès-verbaux.

A. AFFAIRES ADMINISTRATIVES

(Voir aux procès-verbaux.)

- Assemblées générales*, p. v. — Demande de renseignements, p. xiii. — Demande du C. A. S., p. xix, xxi.
- Bibliothèque*. — Don de M^{lle} Fraisse, p. v. — Don du 3^e fasc. des *Eglogæ geologicæ helveticæ*, p. xiv. — Don de M. E. Reclus, p. xxi. — Don de M. le colonel Dumur, p. xxiv.
- Bulletin*. — Règles relatives aux communications faites en séance, p. viii, xxiii. — Dégâts commis par l'orage du 2 juin, p. xxiv.
- Bureau*. — Nomination annuelle, p. v. — Rapport du président, p. xxvii, p. 65.
- Caisse*. — Finance d'entrée et cotisation annuelle, p. v. — Budget pour 1889, p. vi. — Résumé des comptes pour 1888, p. 73. — Résumé des comptes pour 1889, p. 229.
- Commissions*. — Rapport de la Commission de vérification des comptes, p. xxvii, p. 231.
- Décès*. — a) Membres honoraires: MM. Andrews, Martins, Hayden, p. xxviii.
b) Membres effectifs: M. E.-L.-H. Bischoff, prof., p. xxi; Théodore de Meuron, p. xxiv.
- Démissions*. — MM. Gowthorpe, p. i; Colomb, notaire, p. ii.
- Admissions*. — a) Membres honoraires: MM. E. Reclus, Alex. Agassiz, Fr. Lang, p. xxviii.
b) Membres effectifs: MM. Herbert-Georges Fordham & G. Martinet, p. ii; Moreillon, p. v; Dr Bertschinger, p. viii; Rittener, p. ix; Nicati, pharmacien, p. x; A. Gétaz, p. xiv; Décoppet, for., p. xix; Jean Cruchet, p. xxvii; Th. Chappuis, p. xxxi.
- Séances*. — Fixation des heures, p. v.
- Faits divers*. — Invitation de la Société d'émulation du Doubs, p. ii. — Rapport relatif au monument Darwin, p. v. — Concours Bressa, p. viii. — Appel en faveur d'un monument à Ohm, p. xiv. — Invitation de la Société géologique de France, p. xix. — Invitation au congrès géologique international, p. xxiv. — Invitation du C. A. S., p. xxiv, xxvii, xxxi. — Assemblée de la Société helvétique à Lugano, p. xxxi.

B. TRAVAUX SCIENTIFIQUES

Les communications faisant l'objet d'un mémoire sont marquées d'un (*) et la page est indiquée en chiffres arabes. Les chiffres romains se rapportent aux procès-verbaux.

Mathématiques, Astronomie.

- La comète Barnard, Rapin, p. viii.
 Règle de d'Houdt, F.-A. Forel, p. xviii.
 (*) Fonctions abéliennes du genre, 3. Suite, H. Amstein, p. 133.
 (*) De la répartition de l'impôt progressif, A.-A. Odin, p. 181.

Météorologie et physique du globe.

- La crue du lac les 2 et 3 octobre 1888, Forel, p. ii.
 Photographies des glissements de la Rochettaz, Guillemin, p. ii.
 Nouveau colorimètre pour l'étude de l'eau, Robort, p. iv.
 Eboulements de Rochettaz, Golliez, p. iv.
 Débit des affluents du lac le 2 octobre 1888, Forel, p. v.
 Nouvelle forme de la gamme de couleurs pour l'étude de l'eau des lacs, Forel, p. vi.
 Contribution à l'étude du lac de Joux, Gauthier, p. vii.
 Images déprimées par la réflexion sur le lac, F.-A. Forel, p. viii.
 Mirages d'hiver sur le lac, F.-A. Forel, p. viii, xii.
 Coup de foudre aux Crêtets, Sentier, Gauthier, p. xiii.
 Diathermantie de la glace, H. Dufour, p. xiv.
 Tremblements de terre de Costa-Rica, Pittier, p. xii.
 Couleur de l'Océan de Bordeaux à Buenos-Ayres, novembre 1888; Dr Montfort.
 Classification des lacs d'eau douce au point de vue thermique, F.-A. Forel, p. xv.
 Glacière de St-Georges, H. Dufour, p. xvi.
 (*) Observations pluviométriques à la Vallée de Joux, Pl. I, II, III, Gauthier, p. 178, p. xxi, p.
 Vents du Nord dans la Suisse occidentale, Muller, p. xxi.
 Brises lacustres, F.-A. Forel, p. xxv.
 L'orage du 2 juin 1889 à Lausanne, H. Dufour, p. xxvi.
 (*) Une forme rare d'arc-en-ciel, Pl. iv, H. Dufour, p. 46, p. xxix.
 Température moyenne de la Vallée de Joux, Gauthier, p. xxx.
 Couleur des eaux du Léman, F.-A. Forel, p. xxxi.
 » » de la mer de Marmara, du Bosphore et de l'Adriatique, Ed. Monod, p. xxxii.
 Renseignements sur les glaciers des Cordillères, province de Mendoza, République Argentine, Montfort, p. xxxii.
 Des changements de climat, Guillemin, p. xxxii.
 (*) Observations météorologiques au Champ-de-l'Air en 1888, H. Dufour, p. 99.
 Le cyclone du 3 juillet 1889 dans les forêts de Jougue, Pl. ix, Ch. Dufour, p. 219.

Physique pure et appliquée.

- Désastre de Sonzier, Grenier, prof., p. II.
 (*) Note sur un appareil pour la mesure de l'évaporation, Pl. v, H. Dufour, p. 56.
 Nouvelle forme de l'hygromètre à condensation, vol. xxiv, p. 88, H. Dufour, p. viii.
 Incrustation des chaudières, W. Robert, p. xvi.
 Emploi d'un fil de retour commun dans les lignes téléphoniques, Palaz, p. xvii.
 Présentation d'instruments, H. Dufour, p. xxiii.

Géologie, Minéralogie, Paléontologie.

- Couches fossilifères de la Paudèze, M. Lugeon, p. I.
 Demande d'étude du ravin du Flon, Curchod, p. I.
 Gisements de phosphates minéraux, Chuard, p. II.
 Bois de *Cervus elaphus* trouvé Vers les Moulins, Chenit, Renevier, p. IV.
 Fossiles trouvés par M. Rittener à Ste-Croix, Renevier, p. IV.
 Ossements de la faune diluvienne, etc., de la Grotte du Mas d'Azil, Forel, p. VI.
Magnétite erratique de Mont-la-Ville, H. Gollier, p. VII.
 Tourbe profonde à Pailly, Jean Cruchet, p. IX, X.
 Pliocène d'eau douce dans le Vallon de St-Imier, L. Rollier, p. IX.
 Nouveau gisement fossilifère de la molasse langhienne, M. Lugeon, p. X.
 Vol. xv des Mémoires de la Société paléontologique suisse, Renevier, p. XIV.
Néphrite, etc., de la Nouvelle-Zélande, F.-A. Forel, p. XXIV.
 Moraine sous-lacustre d'Yvoire et carte hydrographique du Léman, F.-A. Forel, p. XXV.
 Topographie et géologie de l'Algérie, Renevier, p. XXVI.
 Tortues fossiles, Gollier, p. XXX.
 (*) Etude sur quelques dépôts quaternaires fossilifères, pl. VI et VII, H. Schardt, p. 79.
 La roche salifère de Bex, photographies et dessins, H. Schardt, p. XXXIV.

Chimie.

- Réduction du chlorure d'or par la glucose et l'aldéhyde éthylique, Robert, p. I.
 Moyen de reconnaître la présence de l'acide lactique, Chuard, p. X.
 Empoisonnement par l'essence de vinaigre, Nicati, p. XII.
 Composition des pleurs de la vigne, E. Chuard, p. XXIV.
 Synthèse des sulfures doubles des métaux alcalins et des métaux du groupe du fer, H. Brunner, p. XXVII.
 Sur une nouvelle méthode de synthèse organique, H. Brunner, p. XXIX.

Zoologie, Anatomie, Physiologie.

- Altérations destructives des ovules primordiaux, N. Löwenthal, p. VII.
 Leucocytes dans l'épithélium germinatif, etc., N. Löwenthal, p. VII.
Unio batavus, H. Schardt, p. VII.

- Queue d'un serpent à sonnettes, P. Mayor, p. viii.
 Système excréteur des *nématodes*, H. Blanc, p. ix.
 Reproductions d'infusoires du genre *Stylonichia*, F.-A. Forel, p. xviii.
 Spermatogénèse chez l'oxyure du lapin, N. Löwenthal, p. xix.
 Lavage du filet pélagique, F.-A. Forel, p. xxi.
Petromyzon Planeri et *Ammocetes branchialis*, H. Blanc, p. xxiii.
 Essais de pisciculture au Champ-de-l'Air, H. Blanc, p. xxviii.
 Représentation clastique des coupes du bœuf de boucherie, F. Roux, p. xxx.
 Cas de mimique d'une *Lithosie*, F.-A. Forel, p. xxxii.
 (*) Notes aranéologiques sur le Pays-d'Enhaut, Gétaz, p. 60.

Botanique, Agriculture, Sylviculture.

- (*) Influence des sulfatages de la vigne sur la qualité de la récolte, E. Chuard et J. Dufour, p. 38.
 Conservation de la chlorophylle en automne, J. Dufour, p. ii.
 Enroulement de la glycine, Guillemin, p. i.
 Fruits du *Ginkgo bilobé*, Schnetzler, p. vi.
 Floraison de quelques plantes en décembre 1888, H. Schardt, p. vii.
 » des soldanelles, F.-A. Forel, p. viii.
 Parasites des groseilliers, J. Dufour, p. ix.
 (*) Phénomènes de végétation tardive, L. Favrat, p. xii, p. 75.
 Accroissement des tiges de soldanelle, J. Dufour, p. xiv.
 Fasciation d'un rameau de frêne, F.-A. Forel, p. xviii.
 Photographies de pâturages des Alpes et du Jura, Martinet, p. xx.
 Fasciations de saule et de sapin, J. Dufour, p. xx.
 Monstruosité d'un *silene pendula*, J. Dufour, p. xxv.
 (*) Hybrides nouveaux, L. Favrat, p. 50, p. xxx.
 (*) *Cephalaria salicifolia*, Favrat, p. xxvi, Barbey, p. 59.
 (*) Sur une nouvelle méthode forestière dite du contrôle, H. de Blonay, p. 166.
 (*) Note sur quelques plantes trouvées en 1889 et sur l'Etang de Sauvabelin, L. Favrat, p. 216.

Divers.

- Adoption d'un langage scientifique universel, Renevier, p. xi.
 Biographie des Thomas de Bex, L. Favrat, p. xv.
 (*) » de Philippe de la Harpe, Renevier, p. xxix.
 (*) » de Philippe-Jacques Muller, L. Favrat, p. 224.

TABLE DES AUTEURS

- MSTEIN, H.**
 (*) Fonctions abéliennes du genre 3, p. 133.
- ARBEY, W.**
 (*) *Cephalaria salicifolia*, p. 59.
- LANC, H.**
 Système excréteur des vers nématodes, p. ix.
Petromyzon Planerii, p. xxiii.
 Pisciculture au Champ-de-l'Air, p. xxviii.
- DE BLONAY, H.**
 (*) Sur la méthode forestière dite du contrôle, p. 166.
- BRUNNER, H.**
 Synthèse des sulfures doubles des métaux alcalins et des métaux du groupe du fer, p. xxvii.
 Nouvelle méthode de synthèse organique, p. xxix.
- CHUARD, E.**
 (*) Influence du sulfatage sur le vin, p. 38.
 Gisements de phosphates minéraux, p. ii.
 Recherche de l'acide lactique, p. x.
 Composition des pleurs de vigne, p. xxiv.
- CRUCHET, J.**
 Couche de tourbe à Pailly, p. ix, x.
- CURCHOD-VERDEIL.**
 Demande d'étude du ravin du Flon, p. i.
- DUFOUR, Ch.**
 (*) Cyclone du 3 juillet 1889, Jougne, p. 219.
- DUFOUR, H.**
 Hygromètre à condensation, p. viii.
 Diathermantie de la glace, p. xiv.
 La glacière de St-Georges, p. xvi.
 Instruments divers, p. xxiii.
 Orage du 2 juin, p. xxvi.
 (*) Une forme rare d'arc-en-ciel, p. 46, p. xxix.
 (*) Appareil pour mesurer l'évaporation, p. 56.
- (*) Observations météorologiques 1888, p. 99.
- DUFOUR, J.**
 (*) Influence du sulfatage sur le vin, p. 38.
 Conservation de la chlorophylle, p. ii.
 Deux parasites des groseilliers, p. ix.
 Accroissement des tiges de soldanelles, p. xiv.
 Fasciations de saule et de sapin, p. xx.
Silene pendula, monstruosité, p. xxv.
- FAVRAT, L.**
 (*) Végétation tardive, p. 75, p. xii.
 Les Thomas de Bex, p. xv.
Cephalaria salicifolia, p. xxvi.
 (*) Hybrides nouveaux, p. 50, p. xxx.
- (*) Plantes trouvées en 1889 et l'étang de Sauvabelin, p. 216.
- (*) Notice sur Philippe-Jacques Muller, p. 224.
- FOREL, F.-A.**
 Crue du lac le 2 et le 3 octobre 1888, p. ii.
 Débit des affluents du lac le 2 octobre, p. v.
 Gamme de couleurs pour étude de l'eau, p. vi.
 Ossements fossiles du Mas-d'Azil, p. vi.
 Images déprimées par la réflexion sur le lac, p. viii.
 Mirages d'hiver sur le lac, p. xii.
 Classification thermique des lacs d'eau douce, p. xv.
 Fasciation de frêne, p. xviii.
 Règle de d'Hondt, p. xviii.
 Reproduction d'infusoires *Stylonichia*, p. xviii.
 Lavage du filet pélagique, p. xxi.
 Néphrite, etc., de la Nouvelle-Zélande, p. xxiv.
 Moraine d'Ivoire et carte hydrographique du lac, p. xxv.
 Brises du lac, p. xxv.

- Couleur des eaux du Léman, p. xxxi.
 Mimique d'une Lithosie, p. xxxii.
GAUTHIER.
 Contribution à l'étude du lac de Joux, p. vii.
 Coup de foudre aux Crêtets, Sentier, p. xiii.
 (*) Observations pluviométriques à la Vallée de Joux, p. 17, p. xxi.
 Température de la Vallée de Joux, p. xxx.
GÉTAZ.
 (*) Notes aranéologiques sur le Pays-d'Enhaut, p. 60.
GOLLIEZ.
 Eboulement de Rochettaz, p. iv.
 Magnétite erratique, p. vii.
 Tortues de la Borde (langhien), p. xxx.
GRENIER, W.
 Désastre de Sonzier, p. ii.
GUILLEMIN.
 Eboulement de Rochettaz, p. ii.
 Enroulement de la glycine, p. ii.
 Changements de climat, p. xxxii.
LEWENTHAL, N.
 Altérations destructives des ovules primordiaux, p. vii.
 Leucocytes dans l'épithélium germinatif, p. vii.
 Spermatogénèse chez l'oxyure du lapin, p. xix.
LUGEON, M.
 Couche fossilifère de la Paudèze, p. i.
 Gisement fossilifère à Sauvabelin, p. x.
MARTINET.
 Photographies de pâturages, p. xx.
MAYOR, P.
 Queue d'un serpent à sonnettes, p. viii.
MONOD, Ed.
 Couleur des eaux de la mer de Marmara, etc., p. xxxii.
MONTFORT.
 Couleur de l'Atlantique, p. xv.
 Glaciers de la province de Mendoza (Rép. Arg.), p. xxxii.
MULLER.
 Vents du N. dans la Suisse occidentale, p. xxi.
NICATI.
 Empoisonnements par l'essence de vinaigre, p. xii.
ODIN, A.-A.
 (*) Répartition de l'impôt progressif, p. 181.
PALAZ.
 Fil de retour des lignes téléphoniques, p. xvii.
PITTIER, H.
 Tremblement de terre à Costa-Rica, p. xiv.
RAPIN.
 La comète Barnard, p. viii.
RENEVIER.
 (*) Biographie de Ph. de la Harpe, p. i, p. xxx.
 Bois de *Cercus elaphus*, p. iv.
 Fossiles de Ste-Croix, p. iv.
 Langage scientifique universel, p. xi.
 XV^e vol. Mémoires paléontologiques, p. xiv.
 Géologie et topographie de l'Algérie, p. xxvi.
ROBERT, W.
 Réduction du chlorure d'or, p. i.
 Colorimètre en feuilles de gélatine, p. iv.
 Incrustation des chaudières, p. xvi.
ROLLIER, L.
 Pliocène d'eau douce à St-Imier, p. ix.
ROUX, F.
 Représentation des coupes du bœuf, p. xxx.
SCHARDT, H.
 (*) Dépôts quaternaires fossilifères, p. 79.
Unio batavus, p. vii.
 Roche salifère de Bex, p. xxxiv.
SCHNETZLER, J.-B.
 Fruits de *Gingko bilobé*.

PHILIPPE DE LA HARPE

SA VIE ET SES TRAVAUX SCIENTIFIQUES

par M. RENEVIER, prof.

Notre regretté collègue, le professeur EUGÈNE RAMBERT, s'était chargé de retracer la vie, si bien remplie, de Philippe de la Harpe, qui nous a quittés depuis sept années déjà ! C'eût été une biographie bien intéressante, dans laquelle il voulait faire rentrer toute l'activité scientifique de notre pays, pendant un demi-siècle environ. Mais ses nombreux travaux littéraires, puis sa mort prématurée, nous ont privés de ce travail, si impatientement attendu, qui eût fait revivre dans notre pensée un homme excellent, aimé de tous ceux qui l'ont connu.

La Société vaudoise des sciences naturelles n'a pas voulu que son Bulletin restât muet sur celui qui fut, dès sa jeunesse, un des plus actifs et des plus estimés de ses membres. J'ai été chargé de combler cette lacune. Mais je ne saurais prétendre à remplacer le travail promis par E. Rambert. Je dois m'en tenir forcément à une notice beaucoup plus modeste, retraçant seulement, très brièvement, les principaux traits de la vie et de l'activité scientifique de celui qui fut mon plus intime ami.

I. Sa jeunesse et ses études.

Né à Paudex, près Lausanne, le 1^{er} avril 1830, PHILIPPE DE LA HARPE eut de bonne heure un goût prononcé pour la nature, et spécialement pour les pierres. Il l'avait hérité de son père, le D^r JEAN DE LA HARPE, médecin de l'Hôpital cantonal, membre de notre conseil sanitaire, secrétaire, presque perpétuel, de notre Société scientifique. Celui-ci, quoique spécialement entomologiste, portait un vif intérêt à toutes les branches des sciences naturelles, auxquelles il ne manqua pas d'initier, graduellement, son fils aîné.

La première enfance de Philippe s'écoula à la Verrière-Paudex, au bord du lac, sous la direction de son grand-père, qui s'était chargé entièrement de l'éducation de l'enfant.

Ce grand-père, Louis-Philippe de la Harpe, ancien directeur

des Mines et Salines de Bex, était un grand admirateur de Rousseau. Par principe, il n'admettait aucune leçon avant l'âge de 7 ans, mais à partir de ce moment il enseigna lui-même à son petit-fils à lire et à compter. Il n'a pas trop mal réussi !

Philippe fut de bonne heure un enfant réfléchi, très consciencieux et persévérant, ne manquant pas d'initiative, et poursuivant son but de propos délibéré.

Soit lui, soit ses frères et sœurs, lorsque ceux-ci venaient faire un séjour à Paudex, jouissaient d'une grande liberté. A l'antique, fillettes et garçons couraient les environs, visitant sans doute parfois les mines de houille de la Paudèze; ou bien s'ébattaient sur la grève du lac, parsemée de débris fossilifères de ces exploitations, charriés par le torrent; ou encore détachaient un bateau et gagnaient le large, sans se soucier du danger. Cette vie indépendante, à la campagne, n'a pas dû être sans influence sur le caractère et les aptitudes de notre ami.

Plus tard il revint chez son père, à Lausanne, pour faire ses classes. Le collège et ses exigences n'interrompirent point ces contacts avec la nature. Dans le cabinet de son père, entouré d'une bibliothèque choisie, d'insectes, de plantes, de pierres, de préparations et de travaux ébauchés, Philippe développait son esprit d'observation et s'accoutumait au travail spontané. Lorsque j'étais avec lui sur les bancs du collège, il me souvient que nous allions ensemble, le marteau à la main, chercher des Grenats, de l'Actinote, etc., sur les blocs erratiques des bords du lac.

La carrière médicale s'ouvrait tout naturellement devant lui et, comme il n'y avait pas à Lausanne de faculté de médecine, de la Harpe alla commencer ses études spéciales à l'Université de Berne, où il séjourna dès le printemps 1848 à l'automne 1850.

Il logeait chez les parents du Dr FETSCHERIN, dès lors médecin de l'Asile d'aliénés de St-Urbain, avec lequel il se lia d'étroite amitié. Voici ce qu'écrivait de lui ce dernier en 1882 :

« Philippe de la Harpe était un jeune homme rangé, studieux, »
» poussant ses études avec une ardeur rare. Il formait centre »
» pour ses amis vaudois, dont un bon nombre étudiaient alors »
» à Berne : Zimmer, Bonnard, Guisan, Besancenet, etc. Ils se »
» réunissaient souvent, le dimanche après-midi, chez leur ami »
» *Pipo*, comme ils l'avaient surnommé, et là régnait alors la »
» plus franche gaîté. Philippe était très aimé de ses professeurs »
» dont il était l'un des élèves les plus assidus. »

Au nombre de ceux-ci se trouvait le professeur B. STUDER, qui l'initia aux études géologiques, et auquel il resta toujours profondément attaché, sans toutefois s'inféoder à toutes ses doctrines scientifiques.

De 1850 à 1853, de la Harpe étudia successivement à Bonn, Berlin, Prague, Vienne et Lyon. Tout en poursuivant ses études médicales, il ne négligeait point la géologie, témoin les importantes séries de fossiles qu'il a rapportées de ces divers pays, surtout de Bohême et du Mont-d'Or lyonnais, et données plus tard au Musée de Lausanne.

Au commencement de 1854, de la Harpe retourna à Berne pour préparer son doctorat. Mais là un grave accident faillit compromettre toute sa carrière. Le 2 février, jour de la Chandeleur, où se font, paraît-il, à Berne, les déménagements, comme il allait visiter un malade à la polyclinique, il reçut sur la tête une lourde sache, tombant du troisième étage. Transporté à l'hôpital, il y fut deux jours sans connaissance. On comprend la commotion spinale qui dut en résulter, et qui le força, pendant un temps, à de grands ménagements. Il dut, entre autres, renoncer définitivement à monter à cheval, même au service militaire. De là aussi ses cheveux gris si précoces, qui se manifestèrent d'abord, sur la place lésée, par une tache s'étendant peu à peu.

Si cet accident dut retarder sans doute son examen, notre ami put néanmoins passer celui-ci devant la faculté de Berne, le 7 juin 1854 : *Magna cum laude*. Il avait obtenu, le 28 janvier, la patente de médecin-chirurgien, qui lui permettait de pratiquer la médecine dans le canton de Vaud.

Toutefois, de la Harpe ne considérait point encore ses études comme terminées. Il se contenta d'abord d'aider et de suppléer son père, pendant une année, puis sentant le besoin de parler couramment la langue anglaise, qu'il ne connaissait que théoriquement, il se décida à aller passer en Angleterre l'hiver 1855 à 1856.

En allant, il séjourna quelque temps à Paris, où il se mit en relation avec divers savants. En Angleterre, il vécut surtout à la campagne et voyagea beaucoup, particulièrement dans l'Ouest et en Ecosse. Il se lia avec nombre de géologues, entre autres avec le Dr Wright, de Cheltenham, qui unissait comme lui la géologie à la médecine. Dans ces diverses excursions et séjours, il fit d'abondantes récoltes de fossiles, qui vinrent enrichir plus tard notre Musée cantonal.

II. Sa carrière médicale.

Rentré à Lausanne au printemps 1856, Philippe de la Harpe s'y établit comme médecin, sous les auspices de son père, dont il reprit petit à petit toute la clientèle. Il remplaça souvent ce dernier à l'Hôpital cantonal, et aurait pu même lui succéder, mais il préféra ne pas s'y astreindre, soit par indépendance de caractère, soit pour pouvoir consacrer plus de temps à la géologie.

Vu mon incompetence en la matière, je reproduis ici les appréciations de quelques-uns de ses confrères.

Le D^r CH. MARCEL dit ce qui suit :

« En médecine, toute légère épidémie, tout fait nouveau, trouvait en lui un scrutateur attentif. Il n'est pas de comité dont il ne fit partie, pas de sujet actuel sur lequel il n'aimât à se renseigner.

» En pratique, ses malades lui furent très fidèles. D'un abord constamment facile, d'une patience caractérisée, auprès d'un homme souffrant il ne se laissait distraire par rien. Attentif et chercheur jusqu'au bout, prolongeant ses visites jusqu'à ce que son jugement fût satisfait et la confiance ancrée chez le patient, assidu jusqu'au dernier moment de la maladie, incapable d'humeur maussade ou de brusquerie, complet dans ses directions, ne laissant rien à l'imprévu, voilà certes bien des éléments d'une réunion difficile, et cependant ce travail se faisait avec la meilleure grâce du monde. Ce labeur avait pour mobile un besoin du cœur, bien plus que le soin de sa réputation.

» Aussi voulons-nous admirer combien son art de faire les visites était parfait, et en recommander l'exemple. »

M. le D^r MARC DUFOUR ajoute :

« L'activité de Ph. de la Harpe a été extrêmement grande ! Beaucoup de médecins pensent avoir bien travaillé quand ils ont répondu à tous les devoirs professionnels. Si, en outre, ils font quelques publications, au temps où d'autres se délassent, les voilà, pense-t-on, sortis du niveau des travailleurs.

» Le collègue et ami que nous avons perdu savait, lui, ce qu'est le travail, dans la plus sévère acception du mot. Sa pratique médicale était certainement une des plus absorbantes qui fût à Lausanne ; il s'y vouait avec l'extrême conscience qu'il ap-

portait à tout. Et cependant, au bout de chaque année, il avait ajouté à ses travaux antérieurs des communications scientifiques, soit médicales, soit géologiques ou paléontologiques; non pas de ces travaux pour lesquels la plume suffit, mais des pièces, la nature elle-même soigneusement examinée, comparée, classée, qui par ses soins allaient enrichir nos collections publiques.

» En médecine, suivant les traces de son éminent et regretté père, il apportait dans l'examen du malade plus que la simple préoccupation du diagnostic juste, et du traitement favorable. Son esprit actif, discipliné par l'habitude des recherches scientifiques, appuyé d'ailleurs sur la connaissance fort complète des sciences physiques et naturelles, allait plus profond que d'autres et se trouvait ainsi sur la trace de relations nouvelles et de faits nouveaux.

» Il devint d'emblée l'un de nos médecins producteurs de travaux. Aussi fut-il un des membres les plus assidus de la *Société vaudoise de médecine*, qu'il présida au moins deux fois; il y fit souvent des communications ou présentations, et publia différents mémoires dans son *Bulletin*, dont il était un des fondateurs¹.

» Ph. de la Harpe fut aussi le promoteur de la *Bibliothèque de la Société vaudoise de médecine*, à laquelle, dès le début, il fit des dons généreux.

» La notoriété très grande qu'il avait acquise, et la sympathie que lui valait son caractère, aimable et doux, le firent désigner par nos Sociétés pour les représenter au sein de la *Commission médicale* d'Olten. Plus tard (1879) il fut nommé par le Conseil fédéral membre de la *Commission consultative fédérale*, sur les questions de législation sanitaire. Là encore, il représenta très bien, non-seulement nos principes, mais l'esprit général des Suisses romands, en ne sacrifiant à la rigueur policière que ce que la science commande absolument de sacrifier, et en défendant pied à pied l'indépendance individuelle contre les empiètements de la société.

» Fermement attaché à son pays et à sa nation, qu'il connaissait bien et qu'il jugeait avec douceur, il témoigna cette affection, non par des paroles bruyantes et par de grands discours,

¹ Nous donnons, à la suite de cette notice, la liste complète de ses publications.

mais par des actes. Aussi la mort de Ph. de la Harpe a-t-elle douloureusement retenti chez nos confrères de la Suisse allemande, qui avaient appris à aimer et à estimer, en lui, un homme de cœur. Il était de ceux qui, par l'équilibre de leur jugement, par la douceur et par l'agrément de leur relation, sont des membres précieux de toute société. Ce sont des créateurs de liens sociaux. Leur rencontre est non-seulement fructueuse, elle est agréable, et civilise en quelque sorte.

» Ph. de la Harpe cherchait le bien et le juste ; s'il croyait l'avoir trouvé, ce n'étaient ni les objections, qu'il écoutait d'ailleurs, ni les boutades, bien moins encore les sarcasmes, qui le détournaient de sa voie. Ainsi, lorsque le *Congrès* pour l'abolition de la prostitution se réunit à Genève, de la Harpe consentit à présider la section d'hygiène et à donner ainsi l'autorité de son nom et de son jugement à cette assemblée, qui nous paraissait volontiers en avoir besoin.

» Dans son discours d'ouverture, il formula, d'une manière très correcte et avec une objectivité que nous avons appréciée, les revendications de la santé contre l'état social actuel. Si, ce que nous désirons, le prochain siècle voit une société nouvelle, débarrassée des plaies qui rongent la nôtre, la ligue du bien social pourra retracer le souvenir de notre ami regretté, comme de celui qui, dans le corps médical, fut un de ses premiers pionniers. »

Ajoutons que dès l'origine de la *Mission vaudoise* au sud de l'Afrique, plus tard *Mission romande*, Ph. de la Harpe fut choisi comme médecin-conseil. Jusqu'à sa mort il eut à examiner tous les élèves de celle-ci et les missionnaires envoyés par elle, pour se prononcer sur leur état sanitaire. Ce fut lui aussi qui, cas échéant, soigna gratuitement les uns et les autres.

Je termine ce paragraphe par une citation du Dr TH. CHALLAND, directeur de l'hospice des aliénés de Cery, qui, trop promptement, a suivi de la Harpe dans la tombe.

« Tous nous avons pu apprécier vivement, non-seulement la valeur scientifique de Ph. de la Harpe, mais aussi son exquise délicatesse dans ses rapports avec ses confrères, sa grande bienveillance et son dévouement. »

III. Ses travaux géologiques.

Si de la Harpe était médecin par profession, médecin consciencieux et distingué, de goût il fut avant tout géologue et surtout paléontologiste. C'est par ses remarquables travaux dans cette direction scientifique qu'il fut surtout connu à l'étranger, et qu'il s'acquît une réputation plus qu'européenne.

Déjà au cours de ses études, en juin 1849, Philippe de la Harpe devint membre actif de la *Société vaudoise des sciences naturelles*. Trois ans plus tard, en août 1852, il était reçu membre de la *Société helvétique des sciences naturelles*.

C'était le moment de ses premières découvertes paléontologiques. Avec son ami CH.-TH. GAUDIN, il venait de trouver sur la colline du Mauremont, dans une crevasse sidérolitique, un important gisement ossifère, d'âge éocène, dont les dépouilles, collectées par eux avec grand soin, sont une des richesses de notre Musée. Cette importante trouvaille fut pour lui un stimulant, et inaugura ses publications paléontologiques dans notre Bulletin et ailleurs.

L'année suivante survinrent les travaux du tunnel de la Barre, à Lausanne, qui mirent au jour beaucoup de fossiles de la molasse et spécialement des débris végétaux, parmi lesquels un tronçon d'arbre en place, plongeant encore ses racines dans un ancien sol.

Pendant ses vacances, de la Harpe suivit ces travaux avec intérêt, et comme son ami Gaudin, Morlot, Zollikoffer, il y recueillit de nombreux échantillons, qu'il céda ensuite au Musée. Plus tard il décrivit, dans notre Bulletin, les ossements de *Rhinocéros* provenant de cet important gisement de la molasse languhienne.

En 1854, ce fut le tour des mines de houille aquitanienne de Rochette et de la Conversion, sur les bords de la Paudèze, qui lui étaient familières dès son enfance. Il y découvrit successivement des carapaces de tortues, des mâchoires d'*Anthracotherium* et beaucoup d'autres fossiles qui sont le principal joyau de notre musée géologique. Pendant nombre d'années, il continua à surveiller les trouvailles des ouvriers mineurs et ceux-ci prirent l'habitude de lui apporter tous les débris d'ossements qu'ils rencontraient. Avec une patience inépuisable il les nettoyait de leur gangue, rapprochait les fragments, les recollait et avait soin de

marquer tout ce qui, ayant été trouvé ensemble, provenait selon toute probabilité d'un même individu.

Ces vertébrés fossiles de Rochette firent l'objet de plusieurs notices importantes dans le *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, où il publia la plupart de ses premiers travaux. (Voir la liste en appendice.)

Mais ce n'était pas seulement la paléontologie qui attirait l'attention de Ph. de la Harpe. Il fut non moins bon stratigraphe. Dans l'été de 1854, année de son accident et de son doctorat, il était assez bien remis pour faire avec moi plusieurs excursions dans nos Hautes-Alpes, l'une entre autres à la Dent-du-Midi, dont nous avons rendu compte dans le Bulletin. C'est là que je pus constater sa grande sagacité dans le domaine de la géologie proprement dite.

Pendant son séjour en Angleterre, en 1855-56, il se familiarisa avec la géologie de cette contrée classique. Il en rapporta de nombreuses séries de fossiles siluriques, jurassiques, éocènes, etc., qui vinrent encore enrichir notre Musée, en s'ajoutant à ses dons précédents.

Aussi, lorsque survint, en 1858, le décès de CH. LARDY, conservateur des cabinets de minéralogie et géologie, ce fut tout naturellement notre ami qui fut élu à sa place (11 mai 1858). Ce n'était, d'ailleurs, que la consécration des faits, car depuis plusieurs années il s'occupait du Musée autant que son prédécesseur.

Dès lors, tout en consacrant une grande partie de ses loisirs à nos collections publiques, de la Harpe continua d'explorer notre contrée au point de vue géologique. En hiver, il étudiait la région mollassique des environs de la ville, en y visitant ses nombreux malades. En été, il faisait volontiers des séjours de montagne, spécialement aux Plans sur Bex, et étudiait alors nos Alpes. Il profitait même de ses temps de service militaire pour explorer les lieux où il était envoyé. C'est à un tel séjour obligatoire, en 1858, que nous devons son intéressante notice sur la géologie de Saint-Maurice en Valais. A un autre séjour forcé en 1876, pour raison de santé cette fois, nous devons la géologie de Loèche-les-Bains. Notre excellent ami ne perdait pas un moment, où qu'il fût il s'occupait de géologie, de paléontologie, ou à défaut observait quelque autre phénomène naturel. Il était né observateur et naturaliste.

A cette période de sa vie se rattachent encore plusieurs décou-

vertes paléontologiques intéressantes que je désire rappeler. En 1856, c'est le riche gisement de plantes fossiles du moulin Monod, au-dessus de Rivaz. En 1857, de nouvelles trouvailles d'*Anthracotherium*, qui portent à six le nombre des individus constatés jusqu'alors chez nous. En 1861, les crocodiles de Rochette, dont il obtint par les mineurs d'assez nombreux et beaux débris. A diverses reprises, des tortues plus ou moins entières, en particulier en 1866 une grande carapace de *Trionyx* presque complète, etc., etc.

Mais sa pratique médicale s'étendant graduellement, lui laissa de moins en moins de loisirs pour la science pure. On peut en juger par ses communications à la Société des sciences naturelles, qui, dès 1859, deviennent plus rares.

Cela l'engagea, en 1863, à donner sa démission de conservateur du Musée géologique, mais il ne le fit qu'après s'être assuré que j'accepterais sa succession. Il fit alors transférer au Musée tout ce qui était resté chez lui de ses belles récoltes de Rochette. Nous convinmes toutefois qu'il continuerait à recevoir, pour le compte du Musée, ce que les ouvriers mineurs lui apporteraient encore, de façon à ne pas interrompre ce fructueux courant.

Du reste, notre ami n'a jamais cessé de porter un vif intérêt à nos collections publiques. Aussi s'empressa-t-on de le nommer *conservateur-adjoint* pour la paléontologie, lorsqu'en 1874 un nouveau règlement eut institué cette fonction, ou plutôt ce titre honorifique. Comme tel, il rendit encore au Musée de nombreux services, en se chargeant du classement de diverses séries, pour lesquelles il était spécialement compétent, et qu'il pouvait étudier dans ses moments de liberté.

C'est encore à ce titre qu'en 1877 il fit recueillir et transporter au Musée les débris d'un squelette de Rhinocéros, trouvé presque entier au Maupas, dans le percement d'une nouvelle rue derrière le Pavillon. Malheureusement ces os étaient plus tendres que la mollasse qui les contenait, et malgré la peine qu'il y prit, cette pièce n'a pas donné grand'chose. En revanche, il avait retiré du même gisement une jolie tortue, presque entière, qu'il put très bien restaurer.

Déjà quelques années auparavant, DE LA HARPE avait embrassé une nouvelle spécialité, l'étude des *Nummulites*. Ces petits foraminifères, d'une détermination difficile, exigeant un œil très exercé et l'emploi de la loupe, abondent dans un certain terrain de nos Alpes, qui leur doit son nom. Vu leur petite taille, ils sont

peu encombrants. De plus, ces fossiles ne sont étudiés que par un petit nombre de spécialistes. Pour toutes ces raisons, et en vue d'avoir sous la main, dans son cabinet, un travail scientifique auquel il pût consacrer ses courts moments de loisir, de la Harpe avait entrepris l'étude des Nummulites de nos Alpes. Mais bientôt il avait constaté que pour aboutir à quelque chose, il lui fallait étudier d'abord des Nummulites mieux conservées, provenant d'autres régions, où elles soient contenues dans une roche tendre. C'est ainsi qu'il fut amené petit à petit à se spécialiser dans cette étude et à former une nouvelle collection d'une grande valeur.

A titre de repos, et poussé par le désir de se procurer des Nummulites, de la Harpe se mit à voyager au loin, pendant ses vacances d'été. En 1870 et 1872 il voyagea en Italie. En 1873 il entreprit un grand voyage en Turquie, Crimée, etc. En 1875 il visita le Tyrol et la Lombardie. En 1878 ce fut le tour de la Hongrie, où l'attirait un spécialiste en Nummulites, M. le professeur DE HANTKEN, avec lequel il se lia d'étroite amitié.

Tout ce qu'il pouvait récolter dans ses voyages était immédiatement remis au Musée, à part les Nummulites, qu'il gardait chez lui.

Non-seulement de la Harpe recueillait des Nummulites dans ses voyages, mais il s'en faisait envoyer de tous les côtés, particulièrement des pays où ces petits fossiles sont d'une bonne conservation. De plus en plus il développait sa correspondance, à ce sujet.

Il arriva ainsi à former une collection spéciale d'une grande valeur, comme on n'en a pas beaucoup en Europe. Il la considérait comme faisant partie du Musée de Lausanne, quoique logée chez lui. Il en fixait les meilleurs échantillons et spécialement ses types, sur des plaquettes du Musée, et les étiquetait avec nos étiquettes, afin qu'il n'y eût pas de doute à cet égard. Pour mon rapport officiel de 1880, il me communiquait les chiffres suivants résumant sa composition : Plus de 13,000 échantillons, contenus dans 46 tiroirs, dont 10 de Nummulites suisses, collées sur 320 plaquettes, et 36 tiroirs de Nummulites étrangères, collées sur 1050 plaquettes. En 1881, il y avait ajouté environ 3000 pièces, dont plusieurs, malheureusement, n'ont pas pu être étudiées par lui.

Dès 1878, toutes ses publications se rapportent aux Nummulites. Il fit connaître successivement celles de Crimée, de Nice,

des Alpes françaises, de Biarritz, de la Suisse, et aboutit à une étude monographique sur les Nummulites en général, qui dans sa pensée ne devait être qu'une introduction à la description détaillée des Nummulites de la Suisse. Ce grand travail se publiait dans les mémoires 4^e de la *Société paléontologique suisse*. Deux livraisons avaient déjà paru en 1880 et 1881, lorsque la mort vint interrompre ses travaux. Grâce au bienveillant concours de M. le professeur de Hantken, je pus faire paraître, en 1883, une troisième livraison posthume, comprenant le reste de son texte écrit et de ses dessins originaux. C'est une grande perte pour la science qu'il n'ait pas pu achever cet important travail.

En concentrant ainsi ses efforts sur cette spécialité, de la Harpe était devenu une des principales autorités en la matière, et avait fait connaître son nom dans tout le monde savant. Cette grande notoriété engagea M. le professeur ZITTEL, de Munich, à lui confier la description des Nummulites d'Egypte et de Libye, qu'il put heureusement achever, et qui parut en 1883. — Sur la demande de M. VAN DEN BROECK, de Bruxelles, il avait également préparé une description des Nummulites de Belgique, qui devait paraître dans les Mémoires de l'Académie de Belgique. Le manuscrit a été envoyé à Bruxelles depuis sa mort, mais il n'a point encore paru. Probablement qu'il n'était pas assez complet pour être imprimé tel quel.

De la Harpe fut honoré également par diverses sociétés scientifiques étrangères. En 1856 déjà, il avait reçu les diplômes de membre correspondant des Sociétés de sciences naturelles de Neuchâtel et de Zurich. En 1877, il reçut un diplôme semblable de l'Académie des sciences naturelles de Philadelphie (Etats-Unis); et en 1879, celui de la Société de Borda, à Dax (Landes).

IV. Sa vie et sa mort.

Philippe de la Harpe avait épousé en 1862 M^{lle} Hélène Odier, de Genève. Il en avait eu deux filles et trois fils, à l'éducation desquels il donnait tous ses soins. Sauf une fille morte en bas âge, ces enfants sont tous au milieu de nous et conservent pour leur père une grande vénération. La fille aînée a épousé M. l'avocat R. Cossy, à Aigle. Des trois fils, l'un a embrassé la carrière pastorale, le second est dans la banque, et le cadet se prépare à étudier la médecine, comme son père. Puissent-ils tous

lui ressembler dans son caractère droit et solide, bon et aimable !

De la Harpe fut pendant toute sa vie un chrétien convaincu et professant. Il faisait partie, par principe, de l'*Eglise évangélique libre*, du canton de Vaud ; il en était un membre actif et influent. Sa modestie et sa vie très occupée l'ont seules empêché de faire partie de son Conseil, la charge d'ancien lui ayant été plusieurs fois proposée. Dans sa jeunesse il avait été membre actif, et très actif, de l'Union chrétienne de jeunes gens de Lausanne et du canton de Vaud.

Voici le témoignage que lui rend, à ce sujet, M. le Dr MARC DUFOUR, dans un journal de la Suisse allemande (*Correspondenz Blatt*) :

« Sans faire étalage de sa foi, il la confessait franchement dans des cercles de naturalistes et de médecins où, à mesure que le siècle avance, il semble qu'il faille toujours plus de courage pour le faire.

» Chef de famille, ami, naturaliste, médecin, citoyen, homme enfin, à tous ces titres il était aimé de beaucoup de gens, qui se sentirent douloureusement frappés par sa mort inattendue. »

J'ajoute que tout ce qui touchait au bien de son pays, l'intéressait vivement. C'est ainsi qu'il fut l'un des fondateurs de l'*Association pour le développement de Lausanne*. L'année même de sa mort, il en avait été réélu président. Il fut depuis 1863 membre de la section des Diablerets du *Club alpin suisse* ; et depuis 1869, membre de la *Société vaudoise des beaux-arts*. Deux fois président de la *Société de médecine*, il présida également la *Société vaudoise des sciences naturelles*, en 1858 et 1881.

Tout cela montre le cas que l'on faisait, non-seulement de ses capacités, mais aussi de son caractère.

En 1876, le Dr de la Harpe s'était fait construire, dans la prolongation de la promenade de Derrière-Bourg, une maison à 3 étages, *La Provence*, dont il habitait le rez-de-chaussée. Là il recevait ses amis, et souvent aussi des étrangers, avec une grande affabilité.

Sa santé délicate, et le grand nombre de courses médicales qu'il avait à faire, l'avaient forcé, dans ses dernières années, à avoir char et cheval, en vue de ses visites de malades. Mais personne n'avait l'impression qu'il fut atteint dans sa santé, et lui-même poursuivait sa multiple activité comme précédemment.

Vers la fin de février 1882, de la Harpe éprouva de vives douleurs à la poitrine, qu'il crut être du rhumatisme.

Le 24 février il fit, comme à l'ordinaire, toutes ses visites de malades, surmontant le mal qui le minait, mais sans se douter de sa gravité.

Le soir de ce jour il avait chez lui une nombreuse réunion d'amis, à l'occasion, et à la suite, d'une conférence de M. le professeur ED. BARDE, à la chapelle de Martheray. Il reçut lui-même ses hôtes, et fut si aimable, si accueillant, si causant, que personne ne se doutait qu'il fût gravement atteint. La soirée fut très animée et je le quittai vers minuit, en lui recommandant d'aller se reposer, mais sans éprouver aucune inquiétude à son sujet.

Le lendemain, 25 février 1882, à 3 heures de l'après-midi, le Dr Ph. de la Harpe succombait d'un mal mystérieux (angine de poitrine ?), entouré des soins et de l'affection de sa famille désolée. Il n'avait pas 52 ans révolus ; avait pratiqué la médecine pendant près de 30 années, et ne laissait que des amis !

Le 27 février, bien que le temps fût très mauvais, une foule considérable accompagnait sa dépouille mortelle au champ du repos, sous l'empire d'une douloureuse émotion.

Je ne saurais mieux clore cette notice et prendre congé de cet ami bien cher, qu'en reproduisant ici quelques-unes des dernières paroles que j'ai prononcées sur sa tombe :

« Les travaux scientifiques étaient pour PH. DE LA HARPE un délassement après l'accomplissement de ses devoirs médicaux. Ajoutez-y, Messieurs, le vif intérêt qu'il portait au développement de notre ville, à tous les points de vue. On a peine à comprendre qu'il pût mener tout cela de front ».

« Ce secret, il le trouvait dans une grande persévérance, dans un complet oubli de lui-même, dans un attachement inébranlable au devoir, et dans une ferme confiance en Dieu, auprès de qui il puisait la force d'accomplir toute sa tâche. »

« Oui, Messieurs, esprit fortement scientifique, le Dr de la Harpe était en même temps un chrétien convaincu et actif. Sa foi évangélique était aussi ferme qu'elle était éclairée. Sa vie est une preuve que ces deux directions de l'esprit humain ne sont point incompatibles, comme beaucoup le prétendent, mais qu'au contraire elles convergent vers un même objectif, la recherche de l'éternelle vérité. »

» De la Harpe nous laisse un noble exemple, de foi, d'espérance et de charité, en même temps que de travail consciencieux, persévérant et dévoué. »

» Gardons-lui, Messieurs, un souvenir affectueux et reconnaissant, et suivons son exemple ! »

» Au nom de l'Eglise, de la Patrie, de la Science, au nom de ta famille et de tes amis, surpris et affligés !...

» Philippe de la Harpe : Adieu ! »

V. Ses publications.

a) Publications géologiques diverses.

- 1852 — Brèche à ossements du Mormont, en collaboration avec Ch^e Gaudin (Bull. Soc. vaud. sc. nat. III, p. 117).
- 1855 — Ossements d'*Anthracotherium* des lignites des environs de Lausanne (Bull. Soc. vaud. IV, p. 195).
- Id. — Formation sidérolitique dans les Alpes (Bull. Soc. vaud. IV, p. 232).
- Id. — Excursion géologique à la Dent-du-Midi (Valais), en collaboration avec E. Renevier (Bull. Soc. vaud. IV, p. 261).
- Id. — Houille kimméridgienne du Bas-Valais (Bull. Soc. vaud. IV, p. 304).
- Id. — Observations sur les Brèches osseuses et le terrain sidérolitique du Maurmont, en collaboration avec Ch^e Gaudin (Matér. Paléont. suisse I).
- 1856 — Stratigraphie du gisement à plantes fossiles du Monod (Bull. Soc. vaud. IV, p. 347).
- Id. — Nouveaux détails sur les Brèches à ossements éocènes du Mauremont (Bull. Soc. vaud. IV, p. 402).
- Id. — Hypothèse de Sharpe sur la mer diluvienne baignant les Alpes (Bull. Soc. vaud. V, p. 89).
- Id. — Flore tertiaire d'Angleterre (Bull. Soc. vaud. V, p. 123).
- 1857 — Défense de Mammouth du Boiron (Bull. Soc. vaud. V, p. 308).
- Id. — Nouveaux débris d'*Anthracotherium* des lignites des environs de Lausanne (Bull. Soc. vaud. V, p. 342).
- 1858 — Chéloniens de la mollasse vaudoise (Bull. Soc. vaud. V, p. 405).
- Id. — Nouvel exemplaire d'*Emys Laharpi* (Bull. Soc. vaud. VI, p. 39).
- 1859 — Géologie de St-Maurice en Valais (Bull. Soc. vaud. VI, p. 139).
- Id. — Esquisse géologique de la chaîne du Mœveran, en collaboration avec son père (Bull. Soc. vaud. VI, p. 231).
- 1860 — Bois de Renne du Diluvien de Cully (Bull. Soc. vaud. VI, 460).

- 1870 — Faune du terrain sidérolitique du canton de Vaud (Bull. Soc. vaud. X, p. 457).
1873 — Rhinocéros du Tunnel de la Barre (Bull. Soc. vaud. XII, p. 187).
1875 — Plantes fossiles de la Mollasse d'Epalinges et du Calvaire (Bull. Soc. vaud. XIII, p. 692).
1876 — Gisement de tourbe glaciaire à Lausanne (Bull. Soc. vaud. XIV, p. 456).
1877 — Géologie de Louèche-les-Bains (Bull. Soc. vaud. XV, p. 17).
1877 — Etymologie du mot *Cornieule* (Archiv. sc. Genève, octobre, p. 314).

b) *Publications sur les Nummulites.*

- 1874 — Note sur les Nummulites de Crimée (Bull. Soc. vaud. XIII, p. 267).
1877 — Nummulites des Alpes vaudoises (Archiv. sc. Genève, oct., p. 310).
1878 — Nummulites des Alpes occidentales (Act. Soc. Helv. à Bex, p. 227).
Id. — Nummulites des environs de Nice (Bull. Soc. géol. Franc. 3^e sér. V, p. 817).
1879 — Nummulites du Comté de Nice et Echelle des Nummulites (Bull. Soc. vaud. XVI, p. 201).
Id. — Nummulites des Alpes françaises (Bull. Soc. vaud. XVI, p. 409).
Id. — Nummulites de la zone supérieure des Falaises de Biarritz (Bull. soc. Borda, 4^e an., p. 59 et 137).
1880 — Note sur les *Nummulites Partschii* et *Oosteri* du Flysch (Bull. Soc. vaud. XVII, p. 33).
Id. — Nummulites de la zone moyenne des Falaises de Biarritz (Bull. soc. Borda, 5^e an., p. 65).
1881 — Nummulites de la zone inférieure des Falaises de Biarritz (Bull. soc. Borda, 6^e an., p. 27).
Id. — Nummulites des Falaises de Biarritz; additions et conclusions (Bull. soc. Borda, 6^e an., p. 229).
Id. — Nummulites des Alpes suisses occidentales (Act. Soc. Helv. Brieg, p. 51).
Id. — Distribution des Nummulites par couples (Bull. Soc. vaud. XVII, p. 429).
Id. — Sur les Nummulites d'Egypte (Archiv. sc. Genève, octob., p. 59).
1880 à 1883 — Etudes sur les Nummulites et révision des espèces éocènes, 3 livr. seulement av. 7 pl. 4^e (Mém. Soc. pal. suisse, vol. VII, VIII et X).
1883 — Monographie der in Ägypten und Libischen Wüste vorkommenden Nummuliten, av. 6 pl., 4^e (in Zittel, Geol. u. Pal. der Libischen Wüste).

c) *Publications médicales.*

- 1854 — Mucilage des coings (Thèse présentée à la Faculté de médecine de Berne).
- 1867 — Mode de propagation de la fièvre typhoïde dans le canton de Vaud (Bull. Soc. vaud. de médecine I, p. 56).
- 1869 — Deux observations de maladies cutanées : Urticaire vésiculé et varicelle escharotique (Bull. Soc. méd. Suisse rom. 1869, p. 140).
- 1870 — Cas de ralentissement des battements du cœur (Bull. Soc. méd. Suisse romande, févr. 1870).
- 1871 — Note sur la colite pseudo-membraneuse.
- 1877 — Discours d'ouverture à la section d'Hygiène du congrès de Genève pour l'abolition de la prostitution (Bull. continental n° 4, septembre 1887).
- 1879 — Adresse aux médecins, etc., par la Commission médicale suisse.
Id. — Sarcome de l'Hémisphère droit (av. planche).
- 1881 — Œdème pulmonaire suraigu (Rev. médic. Suisse rom. I, p. 341).
Id. — Considérations médicales sur le lait concentré sans sucre (Broch. et dans Corresp.-Blatt der Schw. Aerzte XI).
-

RÉSUMÉ ANNUEL DES OBSERVATIONS PLUVIOMÉTRIQUES

faites par les stations de la vallée du lac de Joux, en 1888,

PAR
L. GAUTHIER

Pl. I, II et III.

L'accueil bienveillant qui a été fait, par la Société vaudoise des sciences naturelles, à mon premier résumé de 1887, m'a engagé à continuer ce travail en y apportant quelque complément. Nous avons continué les observations de la pression barométrique à l'aide d'un baromètre à cuvette appartenant au Collège, et des températures minimales et maximales. De plus, deux stations, dont une nouvelle, celle du *Carroz*, sont venues joindre leur travail à celui du réseau primitif. Voici, avec les changements du personnel survenus dans le courant de l'année, l'état des stations pour 1888 :

Mouthe,	930 ^m d'alt.,	observat'	M. Cordier, instituteur.
Poste des Mines,	1374 ^m	»	M. Goumaz, ap. de gend.
Chalet Capt,	1339.1 ^m	»	M. Bollat, »
Poste du Carroz,	1075.5 ^m	»	M. Grobety, serg. de gend.
Le Pont,	1020 ^m (environ)	»	M. Louis-Samuel Rochat.
Sentier (Chez-le-M.),	1020 ^m	»	M. Gauthier, instituteur.

Le polygone compris entre ces stations est de 110 km². Il comprend la chaîne du Risoux entièrement boisée, au milieu ; à l'ouest, des vallées déboisées ; à l'est, le profond sillon du Val de Joux, vrai corridor de la bise et du vent, fermé au nord par la Dent de Vaulion.

Afin de rendre les résultats plus facilement comparables, nous les étudions comme par le passé.

Un devoir pour moi, bien doux à remplir, est de remercier mes collaborateurs aussi exacts que dévoués. M. Cordier veut bien continuer, pour la Suisse, ces observations qui ne lui sont plus demandées par son pays. A M. Bourgeois, mon collègue, l'expression de ma vive gratitude pour son précieux concours.

1^o STATIONS JURASSIENNES

Hauteurs d'eau par mois et pour l'année.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
Sentier. .	60.0	76.7	175.4	152.4	58.6	151.2	192.7	120.0	418.7	130.5	103.0	27.2	1366.4	113.9
Carroz. .	65.0	91.0	248.0	180.0	128.0	224.0	268.0	158.0	431.0	160.0	143.0	44.0	1840.0	153.3
Pont. . .	127.7	245.7	275.0	208.0	32.3	190.0	228.3	166.0	139.0	161.7	151.7	44.3	1969.7	164.1
C. Capt. .	97.0	226.0	328.0	327.0	123.0	243.0	319.0	185.0	128.0	174.0	160.0	20.0	2330.0	194.2
P. Mines .	55.0	139.5	315.5	365.5	115.5	175.5	309.0	165.5	96.5	202.5	133.0	38.0	2111.0	175.9
Mouthé. .	44.0	73.0	234.5	163.2	68.0	196.0	201.0	119.5	127.1	133.5	117.8	41.3	1518.9	126.6
Total . .	448.7	851.9	1576.4	1396.1	525.4	1179.7	1518.0	914.0	740.3	962.2	808.5	214.8	11136.0	928.0
Moyennes	74.8	142.0	262.7	232.7	87.6	196.6	253.0	152.3	123.4	160.4	134.8	35.8	1856.0	154.7

** Chiffres approximatifs, pour remédier à la lacune causée par l'impossibilité de faire les observations du pluviomètre.

Par saisons, de décembre 1887 à novembre 1888.

	Hiver	Printemps	Été	Automne	Première demi-année		Deuxième demi-année	
Sentier. .	357.6	386.4	463.9	352.2	674.3 en 86 j.	moy. j. 3.65	692.1 en 86 j.	moy. j. 3.78
Carroz. .	371.0	556.0	650.0	434.0	936.0 » 83	» 5.11	904.0 » 77	» 4.94
Pont. . .	741.7	515.3	584.3	452.4	1078.7 » 80	» 5.89	891.0 » 72	» 4.32
C. Capt. .	627.0	778.0	747.0	462.0	1344.0 » 83	» 7.34	986.0 » 86	» 5.38
P. Mines .	447.0	796.5	650.0	432.0	1166.5 » 83	» 6.37	944.5 » 80	» 5.16
Mouthé. .	331.0	465.7	516.5	378.4	778.7 » 95	» 4.25	740.2 » 96	» 4.15

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total
Sentier	23.0 » 26	16.0 » 12	25.5 » 25	37.5 » 23	47.5 » 1	27.3 » 30	27.5 » 30	28.5 » 17	25.0 » 30	61.6 » 1	2 » 24.0 » 28	41.5 » 25	
Carnoz	14.0 » 26	20.0 » 12	40.0 » 13	45.0 » 23	39.0 » 20	33.0 » 30	33.0 » 16	25.0 » 21	37.0 » 29	58.0 » 2	36.0 » 28	16.0 » 25	
Pont	48.3 » 28	42.7 » 8	46.7 » 25	26.0 » 23	10.0 » 26	33.0 » 30	23.0 » 16	44.7 » 18	33.0 » 25	43.0 » 2	13.3 » 22	42.7 » 27	
C. Capt.	23.0 » 26	40.0 » 8	45.0 » 25	70.0 » 12	34.0 » 1	38.0 » 30	33.0 » 16	47.0 » 17	36.0 » 30	63.0 » 2	24.0 » 28	13.0 » 25	
P. Mines	16.0 » 22	—	43.0 » 15	69.0 » 12	35.0 » 1	23.5 » 8	41.5 » 1	40.0 » 17	27.5 » 29	90.5 » 2	25.0 » 28	15.0 » 26	
Mouthé	10.0 » 22	18.0 » 12	38.0 » 11	33.5 » 23	47.0 » 1	29.0 » 8	28.0 » 30	29.5 » 17	31.6 » 30	66.5 » 2	27.5 » 28	18.0 » 25	

La plus forte chute est celle du 2 octobre, de 90.5mm, au P. Mines.

Mois de maxima : Octobre, mars, août, avril.

Nombre de jours de chute d'eau.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
Sentier	8	13	21	49	9	46	25	13	13	41	49	5	472	14.3
Carroz	9	12	21	44	9	18	25	12	9	42	44	5	460	13.3
Pont	8	13	18	48	6	17	20	11	40	42	43	6	452	12.7
C. Capt.	7	14	21	46	8	17	27	13	40	41	20	5	469	14.1
P. Mines	8	16	18	46	9	16	23	12	41	42	47	5	463	13.6
Mouthé	11	12	22	24	9	17	25	15	45	41	20	40	491	15.9
Total	51	80	121	407	50	401	445	76	68	69	403	36	4007	83.9
Moyennes.	8.5	13.3	20.1	18.0	8.3	16.8	24.1	12.7	14.3	14.5	17.4	6.0	167.8	14.0

Mois peu pluvieux :

Décembre, — Mai, — Janvier.

Mois pluvieux :

Février, — Août, — Oct. — Sept.

Mois très pluvieux :

Juillet, — Mars, — Avril, — Nov., — Juin.

Chutes de neige (hauteur en mètres).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total
Sentier.	0.30	0.88	0.75	0.55	0.01	—	—	—	—	0.13	0.21	0.01	2.84
C. Capt.*	—	3.00	2.00	2.00	0.30	—	—	—	—	—	—	—	—
P. Mines	0.30	1.00	1.40	1.01	0.03	—	—	—	—	0.34	0.55	0.09	4.72
Mouthé.	0.33	0.80	0.70	0.26	—	—	—	—	—	0.10	0.18	0.02	2.39
Total.	0.93	2.68	2.85	1.82	0.04	—	—	—	—	0.57	0.94	0.12	9.95

* Ces chiffres expriment l'épaisseur de la couche de neige à la fin du mois. 12 avril, 3^m. 15 de neige au C. Capt.

Nombre de jours de chute de neige.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
Sentier.	4	41	40	10	1	—	—	—	—	4	3	1	44	4
Carroz.	6	42	44	6	—	—	—	—	—	3	1	1	40	3
C. Capt.	7	44	48	13	1	—	—	—	—	4	9	1	67	5
P. Mines	8	46	46	8	4	1	1	—	—	6	5	1	63	5
Mouthé.	5	41	43	8	—	—	—	—	—	4	1	1	43	4
Total.	30	64	68	45	3	1	1	—	—	21	19	5	257	4.3

Le 15 juin, le versant nord du Mont-Tendre est tout blanc de neige dès 1400 mètres.

Chutes maximales de neige (en centimètres).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.
Sentier	10 le 26	20 le 14	20 le 13	14 le 12	1 le 4	—	—	—	—	8 le 6	44 le 21	1 le 1
P. Mines	—	—	30 le 13	35 le 12	3 le 4	—	—	—	—	40 le 6	45 le 7	3 le 1

Nombre de jours où les vents du nord ont soufflé (NW, N, NE).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
Sentier.	7	5	4	5	8	6	1	7	12	11	3	7	76	6.3
Carroz.	41	42	7	6	46	7	1	10	20	45	2	20	427	40.6
C. Capt.	18	6	4	5	42	6	0	5	7	45	2	45	95	8.0
P. Mines	49	6	4	7	41	6	1	7	42	44	0	42	99	8.2
Mouthé	14	40	7	5	7	3	0	8	12	43	8	42	99	8.3
Total	69	39	26	28	54	28	3	37	63	68	15	66	496	44.4
Moyennes.	14	8	5	5.6	41	5.6	0.6	7	42	43	3	43	93	8.3

Moyenne annuelle : 8.3 jours par mois.

Nombre de jours de vents du sud (SW, S, SE).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
Sentier.	4	41	17	40	6	10	46	45	3	42	42	6	422	40.2
Carroz.	45	44	20	44	43	49	27	49	40	46	26	41	204	47.0
C. Capt.	43	23	27	25	19	24	31	26	23	46	44	46	257	21.4
P. Mines	40	43	25	21	20	24	30	23	18	46	9	49	228	19.0
Mouthé	4	6	22	19	15	14	28	46	48	42	46	49	499	46.6
Total	56	67	44	89	73	91	432	99	72	72	77	71	1010	84.2
Moyennes.	41	43	22	48	45	48	26	20	44	44	45	44	202	16.8

Moyenne annuelle : 46.8 jours par mois.

Aspects du ciel (serein, demi-couvert, couvert).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c	s dc c
Sentier . . .	14 12 5	2 9 18	5 11 15	1 12 17	9 17 5	5 18 7	1 19 11	11 10 10	4 13 13	11 12 8	5 10 15	16 12 3	84 155 127	7 13 10
Carroz . . .	4 10 17	2 13 14	3 10 18	1 13 16	10 15 6	5 15 10	0 9 22	10 13 8	4 17 9	11 13 7	3 14 13	11 15 3	64 157 143	5 13 19
C. Capt. . .	17 1 13	2 2 25	4 4 23	1 3 32	15 2 14	6 1 23	0 2 29	7 6 18	5 4 21	17 2 12	7 1 22	18 8 5	99 36 227	8 3 19
P. Mines . .	19 4 8	2 6 21	7 4 20	1 11 18	14 12 5	5 10 15	2 6 23	9 7 15	8 8 14	14 8 9	6 8 16	20 5 6	107 89 170	9 7 14
Monthe . . .	20 5 6	3 4 21	6 9 16	2 6 22	16 7 8	11 5 14	7 6 18	9 5 17	16 9 5	16 6 9	5 9 15	15 4 13	126 75 164	10 6 14
Total . . .	74 32 49	11 34 99	25 38 92	6 45 95	64 53 38	32 49 69	10 42 103	46 41 68	37 51 62	69 41 45	26 42 81	80 44 30	480 512 831	40 42 69
Moyennes	15 6 10	2 7 20	5 8 16	1 9 19	11 10 7	6 10 14	2 8 20	9 8 13	7 10 12	14 8 9	5 8 16	16 9 6	96 102 166	8 8 14

Nébulosité moyenne.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
Le Sentier	3.60	7.69	6.86	7.70	4.43	6.12	6.92	5.65	6.66	4.82	6.71	3.29	70.45	5.87
Mouthe. .	3.45	7.97	7.16	8.20	3.94	5.90	6.93	6.20	3.90	4.30	6.90	5.00	69.85	5.82
Jours à orage.														
Le Sentier	—	—	2	1	1	4	2	3	5	1	—	—	19	
C. Capt. .	—	—	—	1	—	1	—	1	—	—	—	—	3	
P. Mines .	—	—	—	—	1	1	2	—	3	1	—	—	8	
Mouthe .	—	—	2	—	1	4	2	1	3	2	—	—	15	
Total . .	—	—	2	1	1	6	2	4	8	2	26 orages en 45 jours.	—		
Orages avant midi : Orages après-midi :														
Le Sentier							2				10			
C. Capt							—				4			
P. Mines							2				6			
Mouthe							2				13			

12 orages ont éclaté sur la station, 7 ont été aperçus à l'horizon. 7 orages de station sont communs à 3 d'entre elles ; ceux du 19 mai, du 24 septembre et du 2 octobre sont signalés par 4 stations. Sur les 26 orages qui ont passé sur la région, le Sentier en a 12 ; les stations du Risoux 11 et Mouthe signale 15 jours avec orage et 19 orages tant lointains que de station.

Comme intensité de l'état électrique, Mouthe a remarqué 4 orages dans la nuit du 27 au 28 juillet et 2 dans la journée du 24 septembre ; le 1^{er} de 2 $\frac{1}{2}$ à 3 $\frac{1}{2}$ h. après-midi, direction SW à E ; le 2^{me} de 9 h. 20 à 10 $\frac{1}{2}$ h. après-midi, direction SW, dégâts nuls à Mouthe, considérables au NE. Aux Hôpitaux et à St-Antoine la grêle a haché les récoltes.

Au Sentier, les plus forts orages ont été ceux du 19 mai ESE à WNW accompagnés de quelques grains de grêle ; du 1^{er} septembre NWN à SES de 4 h. 5 à 4 h. 35 avec une grêle abondante de la grosseur de pois. Les montagnes, surtout les pentes nord du Mont-Tendre, furent blanchies quelques heures durant ; enfin celui du 2 octobre accompagné de très fortes averses de pluie. La foudre est tombée sur l'une des maisons des Crêtets en causant des pertes sensibles¹ dans un atelier d'horlogerie. La direction de l'orage était WSW à ENE.

Les postes du Risoux signalent chacun une fois une chute de grêle ; le Sentier 2 fois, Mouthe 3 fois.

¹ 600 fr. environ pour le bâtiment, 2,000 fr. pour la désaimantation des mouvements d'horlogerie.

1° Versant-Est (année météorologique).

	Pluie.					Nombre de jours.			
	Hiver	Print.	Eté	Aut.	1 ^{er} -jan	2 ^e -jan	Total	Hiv.	Print.
Sentier . . .	357.6	386.4	463.9	352.2	744.0	816.1	1560.1	38	49
Pont . . .	741.7	515.3	584.3	432.4	1257.0	1036.7	2293.7	40	42
Carroz . . .	371.0	536.0	650.0	434.0	927.0	1084.0	2011.0	39	44
P. Mines . .	447.0	796.5	650.0	432.0	1243.5	1082.0	2325.5	42	43
C. Capt . . .	627.0	778.0	747.0	462.0	1405.0	1209.0	2614.0	37	45
Total . . .	2544.3	3032.2	3095.2	2132.6	5576.5	5227.8	10804.3	196	223
Moyenne . .	508.9	606.4	619.0	426.5	1115.3	1045.6	2160.9	39.2	44.6
Moy. jour. .	5.59	6.59	6.73	4.68	6.09	5.71	5.90		
Chute moy. .	12.98	13.59	11.68		13.30	11.39	12.30		

Moy. jour. : 5.9
Chute moy. : 12.3

2° Versant Ouest.

P. Mines . . .	447.0	796.5	650.0	432.0	1243.5	1082.0	2325.5	42	43	51	40	176
C. Capt . . .	627.0	778.0	747.0	462.0	1405.0	1209.0	2614.0	37	45	57	41	180
Mouthie . .	331.0	465.7	516.5	378.4	796.7	894.9	1691.6	42	55	57	46	200
Total . . .	1405.0	2040.2	1913.5	1272.4	3445.2	3185.9	6631.1	121	143	165	127	556
Moyenne . .	468.3	680.4	637.8	424.1	1148.4	1062.0	2210.4	40.3	47.7	55.0	42.3	185.3
Moy. jour. .	5.15	7.39	6.93	4.66	6.28	5.80	6.03					
Chute moy. .	11.62	14.26	11.23	10.03	13.05	10.91	11.93					

Moy. jour. : 6.03
Chute moy. : 11.93

a) Stations des Vallées.

	Pluie.						Nombre de jours.				
	Hiver	Print.	Été	Aut.	1 ^{er} sem-an	2 nd sem-an.	Total	Hiv.	Print.	Été	Aut.
Le Sentier, .	357.6	386.4	463.9	352.2	744.0	816.4	1560.1	38	49	54	43
Pont, . . .	744.7	515.3	584.3	452.4	1257.0	1036.7	2293.7	40	42	48	35
Carroz, . .	371.0	556.0	650.0	434.0	927.0	1084.0	2011.0	39	44	55	35
Mouthé, . .	331.0	465.7	516.5	378.4	796.7	894.9	1691.6	42	55	57	46
Total, . . .	1804.3	4923.4	2244.7	1617.0	3724.7	3831.7	7556.4	159	190	214	159
Moyenne . .	450.3	480.8	553.7	404.2	931.2	957.9	1889.4	39	47	53	39
Moy. journ. .	4.95	5.22	6.04	4.44	5.09	5.23	5.17				
Chute moy. .	41.54	40.23	40.44	40.36	40.83	40.41	40.50				

Moy. jour.: 5.17
Chute moy.: 40.50

b) Stations forestières.

P. Mines . .	447.0	796.5	650.0	432.0	1243.5	1082.0	2325.5	42	43	51	40
C. Capt. . .	627.0	778.0	747.0	462.0	1405.0	1209.0	2614.0	37	45	57	41
Total, . . .	1074.0	1574.5	1397.0	894.0	2648.5	2291.0	4939.5	79	88	108	81
Moyenne . .	537.0	787.2	698.5	447.0	1324.2	1145.5	2469.7	39	44	54	40
Moy. journ. .	5.90	8.55	7.59	4.91	7.29	6.28	6.75				
Chute moy. .	43.76	47.89	42.93	44.47	45.95	42.18	43.87				

Moy. jour.: 6.75
Chute moy.: 43.87

476
180
356
178

Pression atmosphérique.

Le tableau suivant donne les moyennes et extrêmes mensuelles et annuelles et les variations de la pression atmosphérique déduites des observations journalières faites à 1 h. du soir, au Sentier (Chez-le-Maitre).

1888	Moyenne mm.	Maximum mm.	Minimum mm.	Oscillations mm.
Janvier . .	684.07	690.3 le 9	666.4 le 31	23.9
Février . .	670.43	682.2 » 4	656.1 » 20	26.1
Mars . .	674.00	681.8 » 8	658.5 » 28	23.3
Avril . .	672.31	680.0 » 12	664.5 » 3	15.5
Mai . .	678.36	683.0 » 7	669.8 » 28	13.2
Juin . .	677.00	683.6 » 2	670.1 » 30	13.5
Juillet . .	676.02	680.4 » 2	668.5 » 17	11.9
Août . .	679.36	684.2 » 10	673.7 » 17	10.5
Septembre	680.31	685.4 » 12, 13	670.6 » 30	14.8
Octobre .	677.93	687.7 » 27	661.4 » 2	26.3
Novembre.	677.82	687.9 » 23	663.5 » 2	24.4
Décembre.	678.10	684.5 » 5	660.9 » 22	23.6

Moyenne annuelle : 677.15. Minimum absolu : 656.1 le 20 février. Maximum absolu : 690.3 le 9 janvier. Oscillation absolue : 34.2 mm.

Mois au-dessus de la moyenne :

Janvier, Septembre, Août, Mai, Décembre.

Mois au-dessous :

Février, Mars, Avril, Juillet.

Mois moyens :

Juin, Octobre, Novembre.

Températures moyennes et extrêmes, mensuelles et annuelles, au Sentier.

	Janvier	Février	Mars.	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Moy.
Moyenne. .	—	— 5.72	— 1.76	+ 1.67	9.06	11.68	10.86	11.95	11.31	3.61	2.83	— 0.59	+4.65
Minimum .	—	— 10.10	— 6.67	— 2.18	+ 1.46	5.72	6.99	5.82	+ 5.77	— 2.08	— 1.33	— 6.63	— 0.30
Maximum .	—	— 1.34	+ 3.15	+ 5.52	+ 16.66	17.65	14.73	18.08	16.85	9.30	7.00	5.46	9.61
Oscillation .	—	8.76	9.82	7.70	15.20	11.93	7.74	12.26	11.08	11.38	8.33	12.09	9.91
Minim. abs.	—36 0 le 31	—24.5 le 23	—19.5 le 4	—11.1 le 1	—4.5 le 4	+ 0.5 le 16	— 1.2 le 14	— 0.2 le 4	+ 0.7 le 3	— 7.0 le 22	—10.2 le 26	—13.3 le 4	
Maxim. »	+ 6.3 » 25	+ 4.5 » 12	+ 8.5 » 28	15.5 » 20	23.8 » 19	27.9 » 4	24.5 » 26	28.8 » 12	23.0 » 15	17.5 » 30	12.5 » 1	9.7 » 21	
Oscillat. »	42.3	39.0	28.0	26.6	28.3	27.4	25.7	29.0	22.3	24.5	22.7	21.9	

Mois le plus froid, février, moyenne, — 5.72.

» » chaud, août, » 14.95.

Plus haute température observée, + 28.8 le 12 août.

» basse » » — 36° 0 31 janvier, — 41° sur l'Orbe.

Oscillation absolue, 64° 8.

Moyenne de l'année, 4° 65.

Oscillation moyenne, 47.67.

Année météorologique et saisons.

	Hiver.			Printemps.			Été.			Automne.		
	Déc.	Janv.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.
Moyennes maxima	-1.70	-	- 1.34	+3.45	5.52	16.66	17.65	14.73	18.08	16.85	9.30	7.00
Minima	-8.63	-	- 10.10	-6.67	-2.18	1.46	5.72	6.99	5.82	5.77	-2.08	-1.33
Moyenne	-5.16	-	- 5.72	-1.76	1.67	9.06	11.68	10.86	11.95	11.31	3.61	2.83
Maxima	-	4.52			8.44			16.82			11.05	8.69
Minima	-	9.96			- 2.46			6.18			0.79	- 1.21
Moyennes	-	5.44			2.99			11.49			5.91	3.74

de l'année

Périodes de froid.

J'appelle période de froid ou de chaud, le nombre de jours pendant lesquels le thermomètre se maintient bas ou haut. Les limites de la période sont les variations bien marquées du thermomètre.

Epoque.	Durée en jours	Moyenne des minima	Moyenne des maxima	Oscillant de
29 janvier au 4 février	6	— 22°	— 4.9	— 36° à 1.3
18 février — 26 »	9	— 15.6	— 3.0	— 24.5 » 0.0
2 mars — 8 mars	7	— 15.44	0.4	— 19.5 » 5.5
20 » — 23 »	4	— 12.55	4.2	— 15.0 » 7.9
6 avril — 15 avril	10	— 4.85	2.6	— 10.8 » 14.0
27 » — 29 »	3	— 2.2	10.3	— 4.5 » 15.5
4 mai — 14 mai	11	— 1.7	16.8	— 4.5 » 22.2
14 juin — 20 juin	6	3.05	12.3	0.5 » 16.0
10 juillet — 15 juillet	6	3.57	12.3	— 1.2 » 21.5
3 août — 12 août	10	3.14	18.3	— 0.2 » 28.8
1 sept. — 6 sept.	6	3.8	15.6	0.7 » 20.5
4 oct. — 1 nov.	29	— 2.9	6.0	— 10.2 » 12.0
5 nov. — 11 »	7	— 1.2	8.0	— 2.9 » 10.0
21 » — 27 »	7	— 4.6	5.0	— 10.2 » 11.3
3 déc. — 9 déc.	7	— 10.7	5.8	— 12.2 » 7.0

Périodes de chaleur.

22 janvier — 25 janv.	4	—	3.65	0.0 » 6.3
4 février — 13 févr.	10	— 5.2	2.06	— 18° » 4.5
28 avril — 4 oct.	160	4.1	15.78	— 4.5 » 28.8
21 oct. — 1 nov.	12	— 4.4	13.95	— 7.0 » 17.5
14 déc. — 31 déc.	18	— 5.8	5.75	— 12.0 » 9.7

**Tableau des jours de gel (minimum inférieur à 0°)
et de non-dégel (maximum non supérieur à 0°).**

	Min. 0° (gel)	Max. 0° (non-dégel)		Min. 0° (gel)	Max. 0° (non-dégel)
Janvier . . .	—	—	Juillet . . .	1	—
Février . . .	29	20	Août . . .	1	—
Mars . . .	27	5	Septembre .	—	—
Avril . . .	20	4	Octobre . .	27	1
Mai . . .	12	0	Novembre .	18	1
Juin . . .	—	—	Décembre .	30	2

Phénomènes périodiques.

16 mars, premières alouettes.

8 avril, courte apparition des premières hirondelles ; fin avril, arrivée des hirondelles.

5 mai, débâcle des glaces du lac de Joux ; 10 mai, premières feuilles du hêtre ; 20 mai, chant du coucou au *Solliat*, le 25 à la station, *Chez-le-Maitre* ; foliaison des hêtres et des marronniers.

2 juin, montée des vaches à la montagne ; 10, floraison des sorbiers et lilas ; le 14, des marronniers.

25 août, fin des fenaisons, peu de foin et de faible qualité.

22 septembre, teinte jaune et rouge des arbres à feuilles dans les forêts ; 24, moisson des seigles et orges au Pont, Lieu et Abbaye.

18 octobre, moissons au Chenit du blé et de l'avoine encore verts.

6-7 octobre, première neige ; 6 janvier 1889, congélation totale du lac de Joux.

Décembre, routes couvertes de poussière.

Observations diverses.

Diminution de la neige. — En enfonçant dans la neige une règle divisée et en lisant chaque matin la hauteur du niveau de la neige, nous avons obtenu pour la diminution de la couche de neige les chiffres suivants :

Février	6-7	1 cm.	ciel demi-couvert calme.
»	10-11	2 »	» » SW 2.
»	12	3 »	» presque serein SW 2.
»	28	5 »	» couvert NE.
»	29	2 »	» » calme.
Mars	2	$\frac{1}{2}$ »	» » NE 2.
»	7	3 »	» demi-couvert calme.
»	8	3 »	» » »
»	9	4 »	» serein calme.
»	10	5 »	» demi-couvert SW 3, pluie.
»	11	7 »	» » SW 2.3, pluie.
»	15	12 »	» couvert SW 3.
»	16	11 »	» » SW 1, pluie.
»	23	1 »	» » calme.
»	24	9 »	» serein SW 2.

Durant ces jours d'observations, la nébulosité moyenne a été de 6.8; la température maximale moyenne 2°.7, la diminution moyenne 4.5 cm. par 24 heures. La plus forte diminution a été de 12 cm. en 24 heures avec un ciel nuageux, une température de + 1.4 et un fort vent du sud.

Ces chiffres n'ont rien de bien précis; ce n'est là qu'un commencement d'observations qui devront être faites avec plus de méthode et d'exactitude à l'avenir.

Effets des grands froïds de l'hiver. — Ce n'est qu'en mai, alors que la nature en retard, grâce à avril froid et neigeux, prenait son essor sous le souffle chaud et ensoleillé de mai, que l'on put constater l'effet des températures de fin janvier sur la végétation. Dès la première semaine du « mois des fleurs », les hêtres tachaient de leur vert tendre le noir des forêts de sapins. A la fin du mois, tous étaient feuillés, jusque bien haut dans le Risoux. Un liséré rouge longeait la Vallée de Joux, faisant comme une bordure étroite à la limite inférieure des bois (des *Roches fendues* chez Tribillet). A très peu de chose près, il suivait la courbe de niveau de 1040 m. Dans le fond de la vallée, quelques arbres furent d'un mois en retard dans leur foliaison: Cytises, frênes, érables, marronniers, lilas. Sur les versants, il n'y eut que quelques rares cas, et la foliaison y fut plus précoce.

Le 2 juin, les peupliers et les trembles voisins du cours de l'Orbe sont à peine feuillés.

Le 13 juin, dans un endroit (Rochette) abrité, à 1040 m. environ, les *hêtres* commencent à se feuiller. D'aucuns situés un peu

en avant dans le bois ont développé régulièrement leurs bourgeons sur toutes les branches. D'autres, surtout ceux qui sont placés sur la lisière même du bois, sont développés très irrégulièrement. Tandis que les branches du bas, recouvertes de neige en hiver, ont des feuilles bien développées, vert foncé et glabres, celles du sommet de l'arbre ont quelques petites feuilles vert clair, pubescentes; à 2-3 mètres de hauteur, quelques branches ont: 1° de grandes feuilles glabres, vert foncé, comme charnues; 2° des bourgeons ouverts et vivants; 3° des bourgeons à base seule verte, et enfin 4° des bourgeons morts à intérieur noirâtre. Le bois des petits rameaux est verdâtre, semblant être *cuit*. Les bourgeons terminaux ont particulièrement souffert, de même que les branches et les arbres les mieux exposés au soleil levant. Jusque pendant l'été l'on voit des extrémités de branches mortes dépassant le feuillage.

Ce phénomène de gel confirme ce que nous disions en février 1888 (Note sur des températures excessives, *Bull. Soc. vaud.*, XXXIII, 97): « Le froid a atteint son maximum d'intensité au fond de la vallée, le long du cours de l'Orbe ». On peut donc admettre que la couche d'air, dont la température était assez basse pour être pernicieuse au hêtre, atteignait 1040 m. environ. D'après les observations, cette température a été de -35° à -28° le 30 janvier, de -41° à -34° le lendemain, suivie de près par un beau soleil qui aura, sans aucun doute, consommé le mal.

CONCLUSIONS.

1° L'année 1888 a été *pluvieuse*, plus encore que la précédente. Pour la région, la quantité d'eau surpasse de 230^{mm} le chiffre de l'an passé; les nombres de jours pluvieux, de jours avec vent du sud, avec ciel couvert, la nébulosité, etc., sont aussi plus grands;

2° Janvier, mai, octobre, décembre ont été les beaux mois caractérisés par un minimum de jours de pluie, de jours avec vent, à ciel couvert, et de nébulosité;

3° Les mauvais mois ont été ceux de mars, juillet et avril, très pluvieux, venteux et froids;

4° Février et août se rapprochent le plus de la moyenne annuelle;

5° Il y a eu 4 mois sans neige, 2 mois seulement pour le Poste

des Mines soit le sommet du Risoux. Il a gelé dans tous le de l'année, sauf juin et septembre ;

6° La forêt du Risoux reçoit toujours une forte quantité de plus que les vallées (580^{mm} de plus) ;

7° L'année a été *froide* ; les céréales n'ont pu mûrir ; l'est restée verte, le grain laiteux.

EXPLICATION DES GRAPHIQUES.

1. Ces courbes montrent les différences entre les qu mensuelles d'eau tombée dans les 6 stations et font resso 3 périodes pluvieuses et les 3 périodes sèches. Sentier et 2 restent en dessous, Chalet Capt et Poste des Mines en de Carroz et le Pont tiennent le milieu. Les lignes horizont gurent les hauteurs annuelles d'eau tombée.

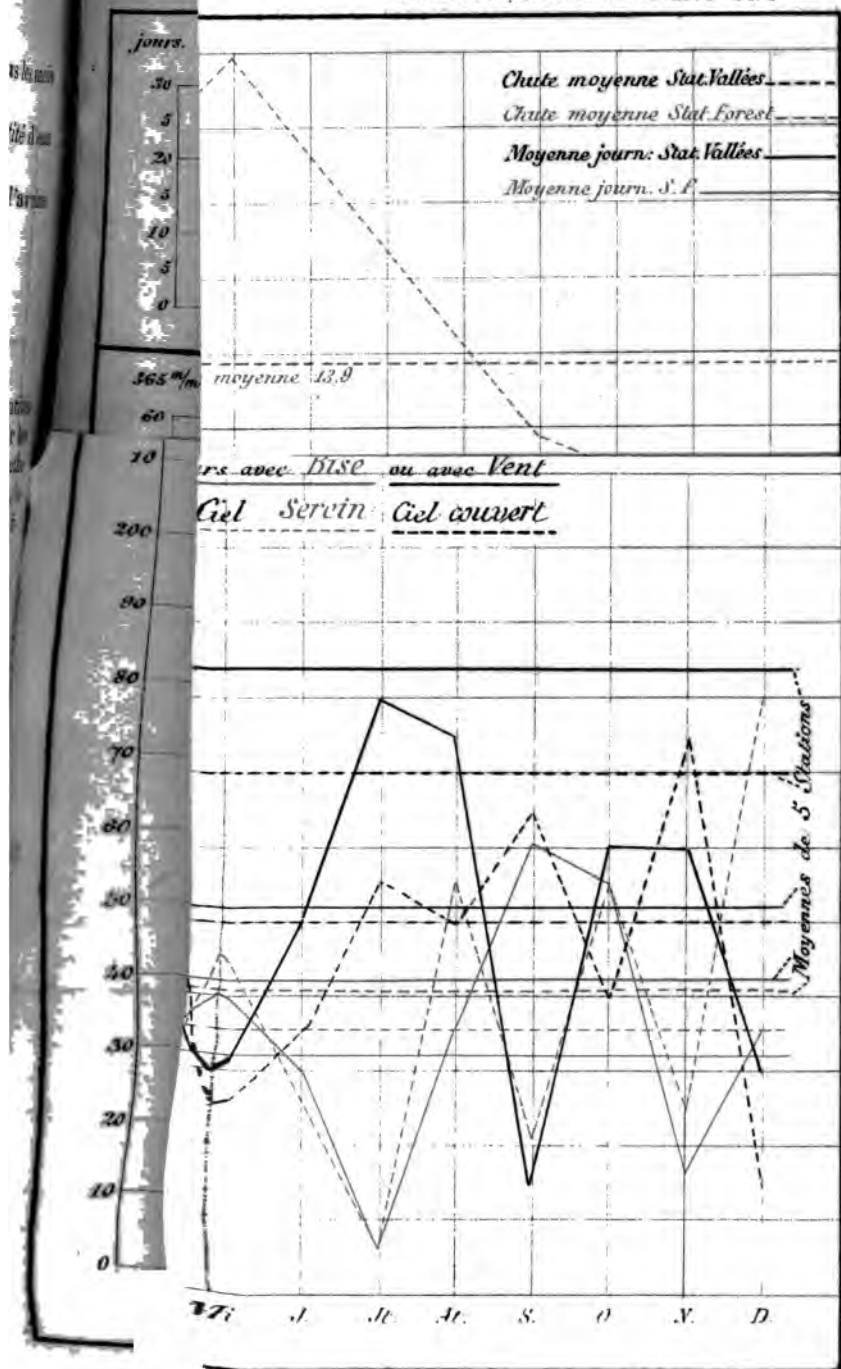
2. Courbes des nombres de jours par mois avec chute d ou de neige. Sauf en juillet, Sentier et Mouthe sont au surtout durant les époques de pluie. Mouthe a en généra périeurité, le Pont l'inférieurité sur les autres stations.

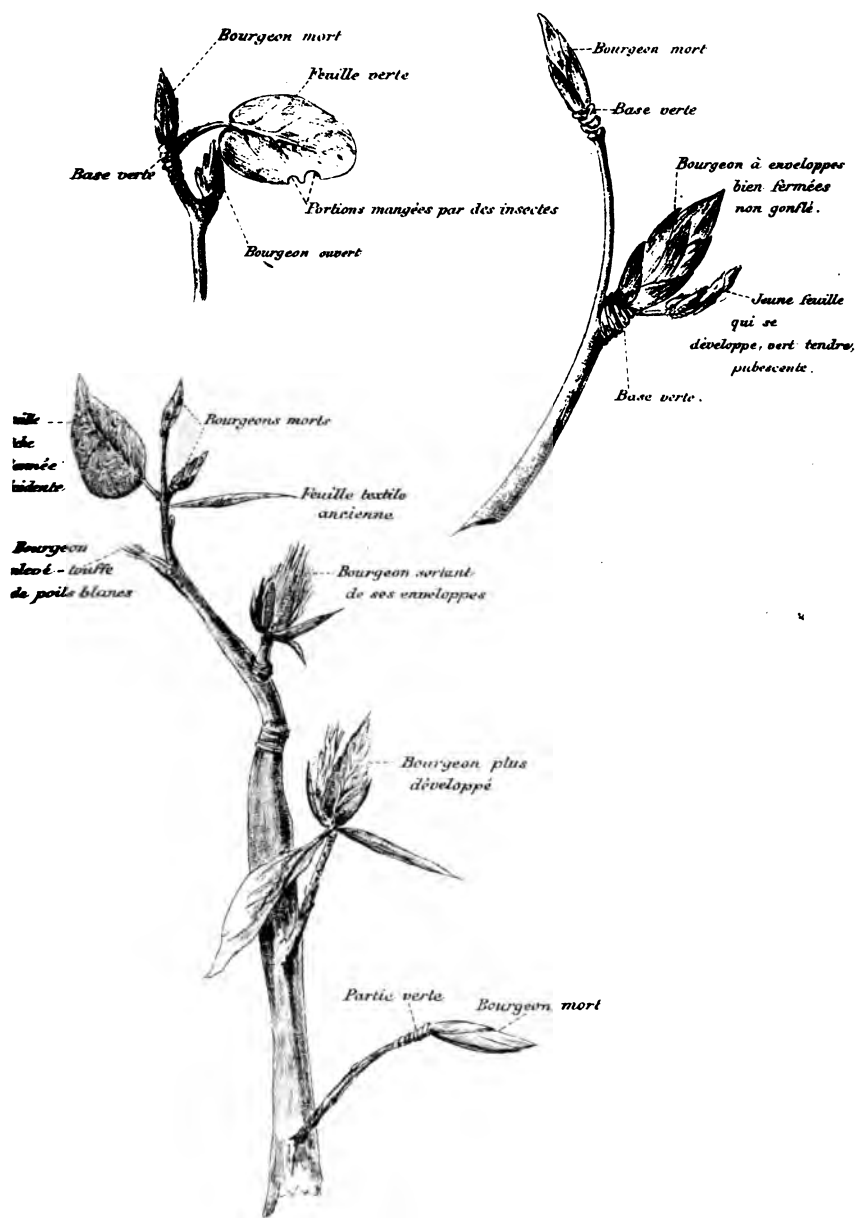
3. Ces courbes figurent la fréquence des jours avec *ve* S, SW) ou avec *bise* (N, NE, NW), en rapport avec le 1 des jours à ciel serein ou couvert au Sentier. On retro trois périodes, F.M.A., chutes abondantes et fonte des ne l'hiver, vent et ciel couvert ; mai avec amélioration se juillet pluvieux ; octobre et novembre le sont un peu moir tembre surtout présente quelques discordances entre le avec bise et à ciel clair, grâce à quelques journées néb (bise noire).

4. La courbe de la nébulosité montre des variatio grandes pour la vallée du Doubs que pour la vallée de Désaccord aussi pour septembre.

5. La *moyenne journalière* d'eau ici est le quotient obt divisant la quantité d'eau de la saison par 365 : 4, et l *moyenne* le quotient de cette même quantité par le nom jours avec pluie ou neige.

Cette première moyenne est plus grande au printemps été au-delà qu'en deçà du Risoux ; c'est l'inverse pour le moyenne, sauf au printemps.





6. Courbes des moyennes journalières et chutes moyennes pour les stations de forêts et celles de vallées ; l'époque des chutes d'eau a eu son intensité au printemps pour la forêt ; en été pour les vallées et pour la moyenne journalière ; en hiver pour la chute moyenne.

La *seconde planche* contient la courbe barométrique d'après les hauteurs de chaque jour ; en dessous la courbe de la nébulosité journalière, plus bas les courbes des températures maximales et minimales et enfin les hauteurs d'eau tombée. Les lignes horizontales figurent les moyennes annuelles. Réunis sous cette forme, ces divers facteurs montrent leurs rapports de cause ou de conséquence. Exemples : Décembre 87, neiges abondantes suivies d'une nébulosité décroissante, tandis que le baromètre hausse et que la température baisse considérablement. 2 octobre : chute brusque du baromètre, très forte pluie, suivie d'une nébulosité élevée et d'un abaissement de température.

Températures journalières maxim

	Janvier		Février		Mars		Avril		Ma
	t m	t mx	m	mx	m	mx	m	mx	m
1	—	—	— 7.0	— 4.0	— 6.0	— 2.0	— 11.1	6.0	6.0
2	—	2.0	—	— 1.0	— 15.1	+ 1.2	— 1.1	7.0	1.2
3	—	1.5	— 22.0	— 4.0	— 19.3	+ 0.5	— 2.3	3.8	2.0
4	—	1.5	— 18.0	+ 1.3	— 19.5	+ 0.3	— 0.0	4.3	— 4.5
5	—	2.3	— 4.0	+ 1.0	— 12.2	— 5.0	— 2.5	— 0.8	— 3.0
6	—	1.5	— 1.0	+ 4.0	— 14.3	— 2.0	— 1.7	0.0	— 3.0
7	—	2.0	— 8.0	+ 4.0	— 9.4	+ 2.5	— 6.5	—	— 1.5
8	—	6.0	— 2.0	+ 1.5	— 18.3	+ 5.5	— 10.8	2.5	— 0.5
9	—	6.2	— 2.5	— 0.7	—	+ 8.0	— 4.8	4.6	— 2.0
10	—	2.3	— 4.5	+ 2.0	+ 2.3	+ 3.5	— 8.4	— 1.0	1.0
11	—	—	— 1.5	+ 1.0	+ 1.3	+ 3.3	— 5.3	—	— 2.5
12	—	—	— 9.0	+ 4.5	— 1.6	0.0	—	— 0.3	0.0
13	—	—	— 2.0	+ 2.0	— 1.6	0.0	— 4.3	3.5	— 1.0
14	—	—	— 21.7	— 1.0	— 2.2	2.3	— 3.2	—	— 1.5
15	—	—	— 5.2	— 3.5	+ 0.5	5.2	— 3.5	14.0	6.8
16	—	—	— 7.2	— 5.0	— 1.0	4.5	1.4	14.0	0.7
17	—	—	— 8.1	— 4.5	— 2.3	3.5	1.5	7.0	1.6
18	—	4.0	— 15.1	— 1.8	— 7.5	—	— 1.5	4.5	1.2
19	—	1.0	— 10.0	— 4.5	— 6.5	—	— 3.5	5.2	1.5
20	—	— 4.0	— 14.8	— 2.3	— 15.0	4.5	1.5	3.8	8.8
21	—	— 1.0	— 11.7	— 4.5	— 14.7	4.5	— 1.5	3.8	7.0
22	—	1.0	— 20.5	— 2.9	— 10.0	0.0	— 6.2	6.0	6.7
23	—	1.3	— 24.5	— 4.0	— 10.5	7.9	1.0	3.5	8.8
24	—	6.0	— 12.5	— 5.5	— 2.5	4.0	0.4	11.7	1.0
25	—	6.3	— 13.7	0.0	— 3.5	6.5	2.2	11.5	0.4
26	—	—	— 17.4	— 1.9	— 0.7	7.0	3.0	5.0	1.5
27	—	—	— 5.2	— 1.8	— 0.3	8.0	— 0.2	4.5	— 4.0
28	—	—	— 4.5	— 3.2	— 0.3	8.5	— 2.0	11.0	0.5
29	—	—	— 6.3	— 4.0	— 1.7	2.0	— 4.5	15.5	5.2
30	— 32.0	—	—	—	—	4.0	3.4	15.0	— 0.8
31	— 37.0	— 17.0	—	—	— 1.7	—	—	—	7.8
Moy.			— 10.10	— 1.34	— 6.67	3.15	— 2.18	5.52	1.46

minimales. (Station *Chez-le-Maitre.*)

mm	Juillet		Août		Septembre		Octobre		Novembre		Décembre	
	m	mx	m	mx	m	mx	m	mx	m	mx	m	mx
17.0	6.4	12.0	9.1	14.8	1.0	11.2	3.3	12.5	-4.3	12.5	-0.4	2.5
22.3	0.6	17.0	7.0	8.8	5.3	11.8	7.0	15.2	0.7	5.5	-5.8	5.0
25.3	9.3	15.0	5.2	15.0	0.7	14.9	6.0	12.2	0.0	—	-9.5	4.1
27.9	8.3	11.8	-0.2	16.8	2.4	15.7	-0.8	10.8	0.0	7.5	-12.2	4.7
27.8	8.4	14.0	1.8	9.5	3.9	20.5	2.8	6.5	-2.9	7.0	-11.0	6.3
24.3	7.2	15.5	3.3	8.0	9.6	19.3	-3.2	6.5	-2.0	6.5	-11.5	5.6
19.3	8.8	11.5	3.9	13.8	11.4	17.9	-1.0	1.4	-1.3	8.0	-10.0	6.3
23.0	9.0	14.9	4.4	18.5	10.2	15.4	-1.0	0.0	+1.3	10.0	-11.2	7.0
14.0	7.8	12.8	3.6	21.5	—	13.5	-1.1	1.5	-1.3	7.5	-9.5	6.8
14.0	3.4	13.9	2.6	25.5	—	14.5	-2.0	0.5	-1.0	7.8	-4.0	8.0
19.0	8.8	11.2	3.5	25.5	7.8	17.0	-1.5	8.5	-1.0	8.8	-6.3	1.3
21.5	3.1	8.4	3.3	28.8	1.5	16.5	-3.1	8.5	+1.2	9.5	-9.0	-2.0
19.8	4.7	19.0	7.0	25.5	9.4	15.0	-5.2	7.7	0.5	8.0	-9.0	-4.0
10.5	-1.2	21.0	7.0	28.0	10.3	20.0	-0.2	2.8	3.0	6.0	-12.0	+5.7
12.5	2.9	21.5	8.0	27.0	6.4	23.0	-1.8	4.8	3.6	5.8	-10.4	5.8
12.0	9.3	12.0	8.0	25.5	4.7	21.0	-0.4	8.5	-2.5	12.0	-11.0	5.0
8.5	5.7	12.8	6.4	16.0	10.5	18.5	-1.7	8.0	-3.8	11.7	-5.3	7.8
9.7	8.1	12.5	8.0	11.5	10.7	14.5	0.0	5.5	-4.2	7.0	-8.0	7.0
14.8	7.3	12.7	2.5	16.5	9.5	17.8	-1.0	5.2	1.5	6.0	-9.4	5.2
16.0	8.8	13.5	0.8	20.0	7.3	19.0	-6.7	6.8	0.2	5.8	-4.0	6.2
17.3	8.9	18.0	5.9	16.3	5.8	18.5	-5.8	11.0	-6.5	-0.5	-5.7	9.7
19.0	5.2	23.5	11.0	12.0	2.7	19.8	-7.0	12.0	-1.2	2.5	-5.0	7.8
20.0	8.8	20.0	4.0	18.5	3.3	20.7	-6.0	13.2	0.2	2.3	-2.5	3.2
21.5	10.5	—	2.3	23.0	6.0	19.0	-6.6	14.5	-0.7	5.5	-3.2	6.0
18.0	7.3	—	8.3	13.5	10.2	13.0	-4.5	12.2	-7.2	5.2	0.0	6.0
17.5	11.3	24.5	9.0	13.2	5.6	17.3	-4.5	13.0	-10.2	9.0	1.7	4.5
21.0	5.0	21.0	10.4	18.5	5.0	16.2	-4.2	13.6	-6.8	11.3	-3.3	4.1
13.5	9.8	14.5	7.8	21.0	3.7	17.3	-5.7	13.5	4.5	7.3	-6.3	5.0
10.8	6.8	14.8	6.5	17.5	4.8	13.2	-5.3	17.0	0.2	3.7	-4.5	6.0
10.0	8.8	22.2	5.0	15.5	—	13.8	-3.0	17.5	0.2	2.8	-4.0	6.5
—	7.9	15.2	5.0	14.9	—	—	-0.3	17.5	—	—	-3.5	7.0
17.7	6.99	14.73	5.8	18.08	5.8	16.9	-2.08	8.7	-1.33	7.0	-6.6	5.5

INFLUENCE DES SULFATAGES DE LA VIGNE

sur la qualité de la récolte,

PAR

E. CHUARD & J. DUFOUR

Station viticole du Champ-de-l'Air.

Toute plante verte exige, comme on le sait, pour se nourrir et pour s'accroître, l'activité simultanée de deux organes essentiels : les racines et les feuilles. Par les racines, la plante se procure dans le sol les divers éléments minéraux qui lui sont nécessaires ; par les feuilles, elle puise dans l'air l'élément sans lequel la vie ne saurait exister, le carbone, qu'elle prend à l'état d'acide carbonique et transforme en amidon et en sucre.

Sans les feuilles donc, pas de production nouvelle d'amidon, pas d'enrichissement du végétal en sucre. Lorsqu'un fruit mûrit, le sucre qui s'y accumule résulte du travail des feuilles. Il est donc indispensable pour la croissance normale du végétal, et en particulier pour la marche normale de la maturation, que les feuilles puissent fonctionner aussi activement que possible, surtout pendant la période critique où le développement du fruit imprime une direction nouvelle aux mouvements de la sève.

Lorsqu'une maladie telle que le mildiou transforme rapidement un certain nombre de feuilles vertes en organes à demi-desséchés, la nutrition tout entière du végétal doit en ressentir un contre-coup funeste. La production du sucre et de l'amidon s'arrête dans les feuilles gravement atteintes, elle diminue dans celles qui sont envahies en quelques points par le parasite. Au lieu de continuer à produire du sucre, la feuille malade finit par en consommer elle-même, soit par sa propre respiration, soit à cause du parasite qui se nourrit à ses dépens.

Toute maladie qui compromet l'activité des feuilles doit donc étendre son influence défavorable sur la maturation du fruit. Inversement, tout traitement qui donne aux feuilles la faculté

de continuer leurs fonctions d'assimilation, doit se traduire, en fin de compte, par une plus-value de la récolte.

Dans le canton de Vaud, les traitements aux sels de cuivre contre le mildiou ont été pratiqués en 1887 sur une grande échelle. Il est peu de communes où quelques propriétaires au moins n'aient pas sulfaté leurs vignes, et d'une manière générale, on peut dire que les résultats de l'opération n'ont pas trompé leur attente. Les vignes sulfatées ont conservé leur verdure et leur belle apparence, alors que les parchets non traités étaient fortement attaqués par la maladie.

Nous avons voulu examiner de plus près quelle était l'étendue de l'action exercée par les sulfatages sur la qualité de la récolte. Dans ce but, nous avons étudié, au point de vue de leur teneur en sucre ou en alcool, un certain nombre de moûts et de vins, en nous attachant surtout à la comparaison des produits récoltés dans les mêmes communes, et autant que possible dans des parchets voisins, mais dont les uns provenaient de vignes sulfatées, les autres de vignes non sulfatées. Ce sont les résultats de ces recherches qui vont être exposés brièvement.

Etude comparative des moûts.

Pour être exactement comparables, les déterminations de sucre devaient être faites, pour tous les moûts, immédiatement après le pressurage, avant que la fermentation ait commencé. Il fallait pour cela opérer sur place, ce qui excluait la possibilité de se servir de la méthode chimique. Nous avons dû employer la méthode aréométrique, mais en l'entourant de toutes les précautions nécessaires. Il importe, d'ailleurs, de remarquer que ce qu'il nous fallait pour la question qui nous occupe, c'était moins des déterminations absolues que des résultats comparables, et ces derniers peuvent certainement s'obtenir au moyen des aréomètres, la proportion de sucre d'un moût étant toujours en relation directe avec sa densité. Toutes les fois que la chose a été possible, pour les observations au Champ-de-l'Air, par exemple, la méthode chimique a servi de contrôle à l'aréomètre.

Nous avons adopté le *glucomètre Guyot*, qui donne directement sur l'une de ses échelles la proportion de sucre pour cent correspondant à la densité observée. Nous avons en premier lieu

établi, par une série d'expériences, la correction à apporter aux observations faites à des températures supérieures ou inférieures à 15°. Cette correction a été fixée à 0.05, valeur à *retrancher* de la lecture sur l'appareil pour chaque degré *au-dessous de 15*, à *ajouter* pour chaque degré *au-dessus de 15*, de la température observée. Exemple: dans un moût à la température de 10°, le glucomètre indique la proportion de 16.00 % de sucre. La proportion corrigée sera $(16 - 0.05 \times 5) = 15.75$ %.

Les données des appareils dont nous nous sommes servis ont, en outre, été comparées à celles de la méthode chimique, et l'on a tenu compte, dans les observations, de l'écart moyen ainsi établi. Voici un exemple de cette comparaison. Quatre échantillons de moûts, de provenance diverse, ont donné :

	1	2	3	4
Par la méthode chimique, sucre %	16.05	17.63	17.12	18.02
Avec le glucomètre (corrigé) »	16.45	17.80	17.40	18.35
Ecarts	0.40	0.17	0.28	0.33
Ecart moyen . .	0.30			

Les opérations se faisaient sur des moûts provenant de raisins recueillis dans les vingt-quatre heures, l'échantillon pris dans es cuves, avant la pressée ou au début de l'opération, et filtré préalablement. La température était observée en même temps que l'indication de l'appareil.

Un grand nombre d'échantillons de moûts ont été ainsi examinés. Le tableau ci-après donne le résultat de nos observations; les moûts sulfatés étant mis en regard de moûts non-sulfatés de même provenance.

TABLEAU N° I.

PROVENANCE	Moûts de vignes sulfatées		Moûts de vignes non sulfatées		Différence en faveur de vignes sulfatées
	Nature du traitement	Sucre ‰	Sucre ‰		
Concise . . .	Bouill. bordel., 3 trait.	17,7	15,8		+ 1,9
Id. . . .	Id.	17,2	14,3		+ 2,9
Id. . . .	Eau céleste, 2 trait.	17,2	—		—
Id. . . .	Id.	16,8	—		—
Corcelles s ^r Concise	Id.	16,3	14,3		+ 2,0
Id. . . .	Eau céleste, 1 trait., tardif	14,8	14,2		+ 0,6
Tartegnins . .	Bouill. bordel., 1 trait.	17,9	16,6		+ 1,3
Id. . . .	Eau céleste. . . .	17,3	16,5		+ 0,8
Id. . . .	Fungivore	17,2	16,3		+ 0,9
Morges . . .	Eau céleste + chaux	16,4	15,6		+ 0,8
Id. . . .	Bouill. bordel., 1 trait.	16,3	14,1		+ 2,2
Id. . . .	Eau céleste. . . .	14,7	—		—
Id. . . .	Id.	16,0	14,7		+ 1,3
Id. . . .	Id.	15,5	14,1		+ 1,4
Saint-Prex . .	Eau céleste, 1 trait.	16,3	16,3		0,0
Id. . . .	Id.	17,0	16,1		+ 0,9
Allaman . . .	Eau céleste. . . .	16,8	16,4		+ 0,2
Etoy	Id.	17,0	15,4		+ 1,6
Lavigny . . .	Bouillie bordelaise .	17,1	14,2		+ 2,9
Aubonne . . .	Eau céleste. . . .	17,1	16,3		+ 0,8
Id. . . .	Id.	16,5	16,0		+ 0,5
Champ-de-l'Air	Bouill. bordel., 2 trait.	17,75			
Id. . . .	Eau céleste id.	16,55			
Id. . . .	Bouill. bordel., 1 trait.	16,40	13,90		+ 2,8
Id. . . .	Solut. CuSO ₄ au 4‰	16,35			
Id. . . .	Liquide Masson . .	16,35			
Lutry	Eau céleste, 1 trait.	19,7	16,3		+ 3,4
Id. . . .	Fungivore	17,2	16,8		+ 0,4
Myes	Eau céleste, 2 trait.	18,4	14,5		+ 3,9
Id. . . .	Bouill. bordel., id.	16,8	14,3		+ 2,5
Id. . . .	Eau céleste, 1 trait.	15,9	—		—
Founex . . .	Bouill. bordel., 1 trait.	17,0	16,0		+ 1,0
Id. . . .	Id.	16,7	15,9		+ 0,8
Id. . . .	Eau céleste	16,5	15,8		+ 0,7
Aigle	Bouill. bordel., 2 trait.	19,1	18,2		+ 0,9
Id. . . .	Fungivore	18,3	17,9		+ 0,3
Id. . . .	Bouillie bordelaise .	18,2	17,7		+ 0,5
Yvorne . . .	Eau céleste	18,2	17,7		+ 0,5
Orbe	Id.	17,0	15,8		+ 1,2
Id. . . .	Bouill. bordel., 2 trait.	16,8	14,8		+ 2,0
Id. . . .	Eau céleste	16,2	13,5		+ 2,7
Id. . . .	Id.	16,0	15,6		+ 0,4
Châtelard . .	Solut. CuSO ₄ . . .	18,6	16,7		+ 1,9
Id. . . .	Id.	18,0	17,1		+ 0,9

Différence moyenne en faveur du sulfatage : + 1,42 ‰.

Il ressort de ces chiffres une supériorité incontestable des moûts de vignes sulfatées sur ceux qui proviennent de parchets non traités. Les différences sont plus marquées dans certaines régions que dans d'autres. Ainsi les moûts de Concise, Corcelles, Orbe, Lausanne, Lavigny, accusent des écarts de densité plus considérables que ceux de St-Prex, Allaman, Yverne. Les résultats de Lausanne sont particulièrement remarquables, puisqu'ils ont été obtenus à l'aide de moûts provenant de parties diversement traitées de la même vigne.

Voici d'ailleurs, calculées pour chaque vignoble séparément, les moyennes qui se dégagent de nos observations :

PROVENANCE	Moûts		Différence
	sulfatés	non sulfatés	
Concise, Corcelles sur Concise .	16,66	14,47	2,19
Tartegnins, Allaman, Aubonne, Essertines.	17,14	16,34	0,80
Morges, St-Prex, Etoy, Lavigny, Denens, Echandens	16,31	15,01	1,30
Lausanne . . . , ...	16,68	13,90	2,78
Lutry	18,37	15,82	2,55
Myes, Founex	16,80	15,28	1,52
Aigle, Yverne	18,11	17,64	0,47
Orbe	16,13	15,24	0,99
Châtelard	18,32	16,83	1,49

Les moûts des vignes sulfatées sont donc d'une manière générale *plus riches en sucre* que ceux des vignes non sulfatées. Les différences maximales reconnues entre des parchets voisins sont de 3.4 à 3.85 centièmes. Ainsi les moûts sulfatés contenaient jusqu'à 3^k.85 de sucre par hectolitre de plus que les autres.

En France, on a observé des écarts plus considérables encore, mais le mildiou avait sévi sans doute plus fortement que cela n'a été le cas l'année dernière dans notre canton.

Etude comparative des vins.

Il était important de contrôler sur les vins, par des dosages d'alcool, les différences que le glucomètre avait fait constater dans les moûts pour la proportion de sucre de raisin. On sait que par la fermentation alcoolique, 100 parties en poids de sucre

de raisin fournissent environ 48.3 parties d'alcool ; il en résulte qu'un moût renfermant, en poids, 20 % de sucre, par exemple, fournira par la fermentation alcoolique, un vin dosant environ 10 % d'alcool en volume.

On trouvera donc nécessairement dans les vins provenant de moûts plus riches en sucre une plus forte proportion d'alcool, mais les écarts seront moitié plus faibles, approximativement, que ceux observés par le dosage du sucre dans les moûts.

Les dosages assez nombreux d'alcool dans des vins sulfatés et non sulfatés, provenant de parchets voisins et comparables, ont confirmé pleinement les résultats obtenus avec les moûts et donnés dans les pages précédentes.

Grâce à l'obligeance de nombreux propriétaires, qui ont bien voulu s'intéresser à nos recherches, les échantillons de vins sulfatés et non sulfatés nous sont toujours parvenus en même temps pour un même parchet, dans le courant des mois de janvier et février. Les dosages d'alcool ont toujours été faits immédiatement après la réception des échantillons, par la méthode de la distillation d'un volume de vin mesuré à la température de 15°, et la détermination, par pesée, du poids spécifique du liquide distillé, ramené au volume primitif par une addition d'eau distillée.

Nous avons fait aussi la détermination de l'acidité, avec la soude caustique $\frac{1}{10}$ normale, et le tournesol pour indicateur. Des dosages de l'extrait sec auraient eu un grand intérêt; malheureusement le temps nous manquait pour les exécuter; les derniers échantillons arrivés (17 à 22) ont seuls été examinés à ce point de vue: cinq fois sur six, l'extrait des vins non sulfatés a été *inférieur en poids* à celui des vins sulfatés. Nous avons même relevé un cas, celui d'un vin d'Orbe, de vigne non sulfatée (n° 19), qui dosant 0.675 % d'acide libre et 1.438 % d'extrait sec, aurait été considéré comme vin gallisé si on lui avait appliqué la règle qui dit: que dans un vin non additionné d'eau, l'extrait sec, moins l'acide libre, n'est jamais inférieur à 10 gr. par litre.

Le tableau ci-après représente l'ensemble des résultats que nous avons obtenus. Un grand nombre des échantillons examinés proviennent, les uns du mélange de la récolte de plusieurs vignes sulfatées, les autres de plusieurs vignes non sulfatées. Ils représentent ainsi une sorte de moyenne, ce qui donne un caractère plus général aux constatations qui ont été faites.

TABLEAU N° II.

VINS DE VIGNES SULFATÉES				VINS DE VIGNES NON SULFATÉES			
Nos	PROVENANCE	Alcool en vol. $\frac{\text{°}}{100}$	Acide libre en ac. tartrique $\frac{\text{°}}{100}$	Nos	PROVENANCE	Alcool en vol. $\frac{\text{°}}{100}$	Acide libre en ac. tartrique $\frac{\text{°}}{100}$
1	Tartegins	9,45	0,850	1	Tartegins	8,75	0,915
2	Gilly	9,78	0,637	2	Gilly	9,43	0,622
3	Eclépens	8,01	0,847	3	La Sarraz	7,57	0,817
4	Morges	8,88	0,877	4	Morges	8,36	0,907
5	Nyon	10,56	0,727	5	Nyon	9,45	0,840
6	Vufflens-le-Château	9,86	0,765	6	Vufflens-le-Château	7,92	0,705
7	Denens	9,62	0,862	7	Denens	7,66	0,960
8	Prangins	9,78	0,892	8	Prangins	9,70	0,757
9	Aigle (Côtes) . .	12,49	0,637	9	Aigle	10,12	0,735
10	Aigle	10,24	0,593	10	Aigle	9,86	0,765
11	Concise	9,13	0,817	11	Concise	8,96	0,915
12	Concise	9,37	0,930	12	Concise	8,80	0,645
13	Bonvillars	8,96	0,900	13	Bonvillars	8,18	0,945
14	Monnaz	9,21	0,855	14	Monnaz	8,36	0,855
15	Yvorne	11,44	0,585	15	Yvorne	11,70	0,615
16	Luins	9,95	0,755	16	Luins	9,21	0,645
17	Orbe	9,45	0,990	17	Orbe	8,88	0,915
18	Orbe	9,95	0,905	18	Orbe	8,45	0,690
19	Orbe	9,37	0,885	19	Orbe	7,74	0,675
20	Orbe	9,78	0,885	20	Orbe	7,32	0,600
21	Aubonne	10,12	0,600	21	Aubonne	9,95	0,615
22	Mont-sur-Rolle . .	10,82	0,735	22	Mont-sur-Rolle (château)	9,86	0,765
	Moyenne	9,70			Moyenne	8,84	

Des renseignements fournis par M. Colomb, régent à Aigle, nous annonçant que les échantillons ci-dessus ne sont pas

On voit par ce tableau que *dans tous les cas, sauf un seul*, les vins sulfatés sont supérieurs en alcool aux vins non sulfatés.

Le résultat exceptionnel du n° 15 s'explique par le fait que les attaques du mildiou ont été très anodines dans la région d'où proviennent ces deux échantillons. D'après le rapport de M. Colomb, à la Société des vigneron d'Aigle, les vignes de ces parquets n'ont pas été dépouillées prématurément de leurs feuilles, les traitements aux sels de cuivre n'ont donc pas pu modifier d'une manière sensible la proportion du sucre dans le raisin.

La différence moyenne de 0.86 % d'alcool constitue en faveur des vins sulfatés une supériorité réelle. L'alcool n'est pas seulement l'élément constitutif essentiel du vin ; il exerce, en outre, une influence certaine sur sa conservation. Les vins sulfatés, plus alcooliques, seront aussi plus robustes, plus solides, que ceux provenant des raisins moins mûrs et moins sucrés des vignes qui ont souffert des atteintes du mildiou.

Quant à la proportion d'acide libre, on ne peut pas dire qu'une conclusion se dégage nettement des dosages que nous avons obtenus : les échantillons de vins sulfatés sont tantôt plus, tantôt moins acides que les vins de même provenance, non sulfatés. Cependant, si l'on fait abstraction des n°s 18, 19 et 20, qui paraissent constituer un cas particulier, et qu'on ne représente le vignoble d'Orbe que par le n° 17, on voit alors que d'une manière générale les vins sulfatés sont un peu moins acides, ce qui s'explique par le fait que le raisin qui a atteint une maturité plus avancée, s'enrichit en sucre, tandis que ses acides sont en partie neutralisés.

Enfin la question de la présence du cuivre dans les vins sulfatés, déjà résolue par l'un de nous pour les vins de notre pays, dans le sens négatif, n'a pas été négligée dans l'étude des échantillons qui nous sont parvenus. Les vins sulfatés n°s 1 à 11 ont tous été soumis à la recherche du cuivre. Cette recherche a toujours donné pour résultat, soit l'absence totale du métal, soit sa présence à l'état de traces impondérables. La concordance des données recueillies, à cet égard, nous paraît suffisante pour légitimer cette conclusion de notre travail :

Le sulfatage n'exerce aucune action défavorable sur les vins au point de vue de l'introduction du cuivre. Il augmente d'une manière générale, et dans une proportion qui n'est pas à négliger, leur teneur en alcool.

NOTE

SUR

UNE FORME RARE D'ARC-EN-CIEL

PAR

Henri DUFOUR,

prof. à la Faculté des Sciences de l'Académie de Lausanne.

Pl. IV.

Le 10 juin 1889, M. G. de Palézieux a observé de la gare de Rivaz-St-Saphorin, un arc-en-ciel présentant plusieurs caractères exceptionnels et dont il nous paraît intéressant et utile de conserver la description.

Il était 6 h. 10 du soir, le pied droit de l'arc ordinaire était dans la direction du Bouveret, le pied gauche caché par la montagne; l'arc secondaire était visible du côté droit de l'arc ordinaire. Ces deux fragments d'arc paraissaient se mirer dans l'eau et formaient les images $A'B'$ et $C'D'$ des arcs AB et CD . Enfin deux fragments d'arcs s'élevaient des pieds des arcs primaires, s'en écartaient et formaient les bandes colorées AE et CF , dont la concavité était tournée dans le même sens que celle des arcs primaires. Le fragment AE coupait l'arc secondaire en E , l'ordre de ses couleurs était le même que celui de l'arc ordinaire; le fragment CF , parallèle au précédent, s'écartait de l'arc secondaire pour se perdre dans les nuages, ses couleurs étaient celles de l'arc secondaire. Ces arcs étaient aussi réfléchis dans l'eau où ils formaient les images $A'E'$ et $C'F'$ (fig. 1).

Le phénomène entier, dit l'observateur, était très brillant, ce qu'on comprend facilement, puisqu'on voyait à la fois huit arcs ou fragments d'arc tant directs que réfléchis.

L'observateur signale le fait qu'au point de rencontre E du fragment d'arc AE avec l'arc secondaire CD , les couleurs disparaissaient, mais que cette région était particulièrement brillante par l'éclairement des gouttelettes d'eau; la nappe d'eau entre Rivaz et Vevey était très calme.

L'explication de ce phénomène est, nous semble-t-il, assez simple, malgré la bizarrerie des apparences.

Nous avons indiqué dans une note précédente, publiée dans le Bulletin ¹, dans quelles conditions un arc-en-ciel peut paraître

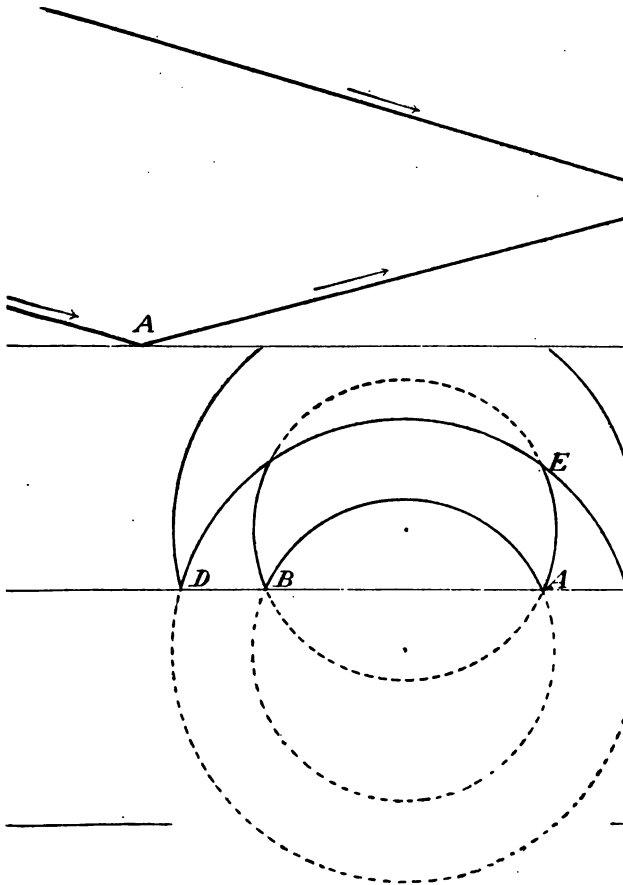
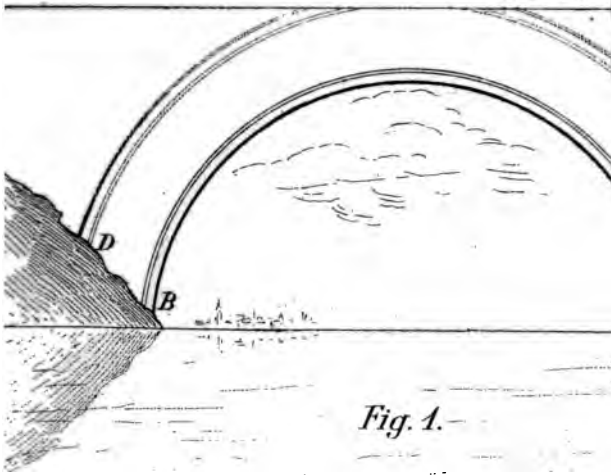
¹ Bull. Soc. vaud. Sc. nat. Vol. XXI, p. 191. — 1886.

réfléchi par l'eau; nous avons démontré que l'arc réfléchi est l'image d'un arc aérien invisible pour le spectateur et qui se produit dans des gouttelettes de pluie situées plus bas que les gouttes qui produisent l'arc direct. Les images réfléchies dans le cas observé par M. de Palézieux s'expliquent de la même manière.

La formation des fragments d'arcs A E et C F est due aussi à la présence de la nappe d'eau et ce phénomène a été observé dans quelques occasions déjà. L'arc A E d'après l'ordre de ces couleurs est un arc primaire et l'arc C F un arc secondaire, ces deux fragments d'arcs appartiennent à des arcs qui auraient un autre centre que celui des deux arcs ordinaires. Au moment de l'observation, le soleil était peu élevé au-dessus de l'horizon, de 15° environ; la surface calme du lac pouvait réfléchir une grande partie des rayons solaires et les renvoyer dans l'atmosphère, ces rayons réfléchis en A, par exemple, sous un angle de 15° (voir fig. 2), éclairaient le rideau de pluie en un point B' situé à 15° au-dessus de l'horizon, comme le soleil lui-même. Ces rayons, après réfraction dans les gouttes de pluie, peuvent revenir à l'observateur en O en formant un angle A B' O de 42° pour l'arc primaire, le sommet de cet arc paraît donc à 57° au-dessus de la surface de l'eau, tandis que le sommet de l'arc direct est produit dans des gouttes de pluie situées en B à une hauteur de $42^\circ - 15^\circ$, soit de 27° au-dessus de la surface de l'eau. Les sommets des deux arcs sont donc distants de 30° , qui est la distance des deux points antisolaires, le point antisolaire vrai situé au-dessous de la nappe liquide et le point antisolaire réfléchi par cette nappe. Il faut donc, pour que le phénomène puisse se produire, qu'il y ait *derrière* l'observateur regardant l'arc, c'est-à-dire entre l'observateur et le soleil, une nappe liquide assez calme pour former miroir, c'est la condition nécessaire pour que les arcs extraordinaires A E et C F puissent se former; tandis qu'il faut qu'une nappe d'eau tranquille soit devant l'observateur, c'est-à-dire entre le rideau de pluie et l'observateur, pour que les images apparentes A' B' C' E' des arcs ordinaires puissent se produire. Il va sans dire que l'explication de l'arc ordinaire de 42° s'applique aussi à l'arc de 50° et l'ordre inverse des couleurs dans les fragments de ces arcs A E et C F prouve que leur formation est bien due à des rayons solaires directement réfléchis par la nappe d'eau et passant au-dessus de l'observateur. La figure 3 donne une représentation, vue de face, des divers arcs directs et produits par réflexion. — On voit que les

deux systèmes d'arcs ayant leurs deux centres sur la même verticale, les arcs extraordinaires ne sont autre chose que les parties des arcs ordinaires qui se formeraient au-dessous de l'eau et qui sont rabattues au-dessus de cette surface.

Il était important de se rendre compte si les conditions requises pour la production du phénomène étaient bien réalisées dans le cas particulier observé par M. de Palézieux. M. le professeur Ch. Dufour a bien voulu déterminer la position exacte que devait occuper le soleil par rapport au lac et à l'observateur au moment de l'observation du 10 juin. La hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, le 10 juin à 6 h. 10, était $15^{\circ}.15'$ en tenant compte de la réfraction. L'azimuth du soleil était $72^{\circ}.19'$, il en résulte que la ligne passant par le soleil, l'observateur et le point antisolaire forme, avec le parallèle de Rivaz, un angle de $17^{\circ}.41'$. Cette ligne tracée sur la carte passe par le sommet des rochers de Naye, c'est donc dans cette direction qu'étaient les centres des arcs; dans ces conditions, on voit que les surfaces réfléchissantes actives sont derrière l'observateur le golfe de Cully et devant lui celui de Corsier, ces deux nappes d'eau calmes offrent des conditions excellentes pour que le phénomène puisse se produire à cette époque de l'année ainsi qu'au mois d'août, aussi n'avons-nous pas été étonné d'apprendre que la présence de ces arcs extraordinaires avait été observée déjà à plusieurs reprises. Ainsi M. G. de Palézieux lui-même avait déjà vu ce phénomène le 1^{er} août 1888 depuis la terrasse de St-Martin, à Vevey; on voyait dans ce cas le pied droit de l'arc primaire, un fragment d'arc secondaire et un fragment d'arc extraordinaire reliant les deux arcs; il n'y avait pas d'images réfléchies, la nappe d'eau active est celle du golfe de Corsier. M. Louis Buttica, agriculteur, à Treytorrens, nous signale aussi une observation faite par lui au commencement de mai 1889, à Rivaz, et dans laquelle il a vu l'arc primaire et un fragment de l'arc extraordinaire, mais pas d'images réfléchies, ce qui s'explique par la position du soleil à cette époque; il n'y a pas de nappe d'eau devant l'observateur, mais seulement derrière lui. En revanche, à la fin de juin, M. Buttica a pu voir aussi, de Rivaz, l'arc extraordinaire et les images réfléchies dans l'eau. Dans toutes ces observations, c'est toujours le côté droit de l'arc qui présente le phénomène, le soir le côté gauche étant sur terre ferme. — La station de Rivaz est dans une situation très favorable, on pourrait observer le phénomène aussi bien à Ouchy à peu près aux



一、二、三、四、五、六、七、八、九、十、十一、十二、十三、十四、十五、十六、十七、十八、十九、二十、二十一、二十二、二十三、二十四、二十五、二十六、二十七、二十八、二十九、三十、三十一、三十二、三十三、三十四、三十五、三十六、三十七、三十八、三十九、四十、四十一、四十二、四十三、四十四、四十五、四十六、四十七、四十八、四十九、五十、五十一、五十二、五十三、五十四、五十五、五十六、五十七、五十八、五十九、六十、六十一、六十二、六十三、六十四、六十五、六十六、六十七、六十八、六十九、七十、七十一、七十二、七十三、七十四、七十五、七十六、七十七、七十八、七十九、八十、八十一、八十二、八十三、八十四、八十五、八十六、八十七、八十八、八十九、九十、九十一、九十二、九十三、九十四、九十五、九十六、九十七、九十八、九十九、一百。

mêmes époques, mais les conditions de calme de l'eau sont plus rarement réalisées.

En hiver, la pointe de Promenthoux, près de Nyon, serait aussi dans une situation favorable.

Au reste, l'existence d'arcs aériens produits par la réflexion de la lumière solaire par une nappe d'eau tranquille, est signalée par plusieurs observateurs. Bravais, dans son intéressante *Notice sur l'arc-en-ciel*¹, en cite plusieurs exemples et en donne l'explication. En revanche, nous n'avons pas trouvé de relation d'observations d'images de ces arcs dans l'eau, la possibilité même de l'existence de ces images a été mise en doute par plusieurs observateurs.

C'est aussi probablement un phénomène semblable à celui que nous venons de décrire, que MM. Pache et Martin ont observé, à Morges, le 14 avril 1856²; les observateurs ont vu deux arcs inégaux côte à côte, formant comme les deux arches d'un pont. On comprend que si la concavité de la courbe de l'arc extraordinaire n'est pas très prononcée, le V renversé qu'il forme avec l'arc secondaire puisse prêter à l'illusion qu'on voit un arc, cela est d'autant plus naturel que le lieu d'intersection de l'arc secondaire et de l'arc extraordinaire n'est pas coloré. — Une observation analogue a été faite par M. René Guisan, le 10 avril 1858, à 6 h. 05 du matin³, depuis Ouchy. — La forme de l'arc extraordinaire peut varier avec la hauteur du soleil, l'angle qu'il forme avec l'arc ordinaire augmente à mesure que le soleil s'élève; enfin, cet arc n'a pas toujours la netteté des arcs directs, car la surface réfléchissante peut être légèrement ondulée et dans ce cas c'est une traînée lumineuse qui éclaire les gouttes de pluie et forme une colonne s'élargissant à mesure qu'elle s'élève.

Le phénomène observé le 10 juin 1889 n'est donc pas une nouveauté, mais il est exceptionnel par l'ensemble des circonstances nécessaires pour produire l'aspect magnifique de quatre fragments d'arcs-en-ciel se mirant dans l'eau calme du Léman.

Août 1889.

¹ Annuaire météorologique de France, 1849, p. 319.

² Bull. Soc. vaud. Sc. nat. T. V, année 1856-57, p. 195. — Arc-en-ciel à deux arcs contigus, observé à Morges, par C. Dufour.

³ Bull. Soc. vaud. Sc. nat. T. VII, 1851-62-63, p. 421. — Note sur un arc-en-ciel à deux arcs contigus.

NOTE

SUR

QUATRE HYBRIDES NOUVEAUX

et d'autres plantes hybrides, rares ou nouvelles,

PAR

L. FAVRAT

Erysimum Muretii (*E. rheticum-virgatum*).

Il y a une cinquantaine d'années, Jean Muret introduisait deux *Erysimum* sur un des derniers pans des murs d'enceinte de Lausanne, derrière l'appartement qu'il occupait, rue St-Laurent. On a pu voir ce pan de mur, qui bordait la rue Neuve au midi, jusqu'en juin 1888, où on l'a démoli pour faire place à deux grands bâtiments.

Quatre ans après l'introduction des deux plantes, Muret constata qu'il y en avait une troisième, qu'il n'hésita pas à considérer comme hybride. Elle se trouve dans son herbier sous le nom d'*Erysimum rheticum-strictum*. L'*E. rheticum* provenait de Morbegno, Valteline, et le *strictum*, de Sûs, Engadine. Mais comme le *strictum* de l'Engadine a été reconnu plus tard pour l'*E. virgatum* de Roth, l'hybride est un *E. rheticum-virgatum*; et puisqu'il est reçu de donner un nom d'espèce aux hybrides, il me paraît naturel de nommer la plante en question *Erysimum Muretii*.

A l'époque de la démolition du mur, des étudiants m'apportèrent l'*E. virgatum* provenant de la partie non encore démolie. Je recommandai à l'un d'eux de retourner sur les lieux et de tout arracher, dans la pensée que l'*E. rheticum* et l'hybride s'y trouveraient encore, mais il ne me rapporta que le *virgatum*: les deux autres plantes étaient déjà enfouies sous les décombres.

L'*E. rheticum-virgatum* a donc eu la singulière destinée d'être à la fois posthume, puisqu'il n'a pas été publié du vivant de l'auteur, et mort-né, puisque son unique station était détruite au moment de la publication.

Erophila glabrescens-majuscula.

L'herbier Muret renferme, à la fin de la série des *Erophila*, une plante à silicules diminuées et ne paraissant contenir que des *semina vana*, des graines avortées. Il a cru d'abord n'y voir qu'une monstruosité. Mais dans une des étiquettes, il dit que ce pourrait être une espèce, et que, si c'était une espèce, il la nommerait *Erophila Chavini*. Or ce n'est ni une monstruosité, ni une espèce; c'est bel et bien un hybride, aussi patent que le *Cap-sella gracilis*, de Grenier, qui est un *C. Bursa pastoris-rubella*.

L'*E. majuscula* a les feuilles obovales-spatulées, nettement dentées; les fleurs sont du double plus grandes que dans les congénères. L'*E. glabrescens* a les feuilles entières, ou ne portant çà et là qu'une dent vaguement dessinée. Les fleurs sont de moitié plus petites. Dans l'hybride, les caractères sont intermédiaires, soit pour les fleurs, soit pour les feuilles, et les silicules sont avortées et fort réduites, comme dans l'hybride de *Cap-sella*.

J'ai observé mainte fois cette plante dans les vignes de la Bourdonnette, à l'occident de Lausanne. Muret l'y avait aussi recueillie, ainsi que dans d'autres localités, aux bains de Lavey, par exemple. M. Jaccard, notre préparateur au Musée botanique, en a retrouvé un bel exemplaire le 20 avril de cette année, dans les vignes de la Bourdonnette.

En somme, et considérant la plante en question comme hybride des deux espèces citées plus haut, il me paraît convenable de la nommer avec Muret *Erophila Chavini* Muret, avec le synonyme *E. glabrescens-majuscula*. Il faut ajouter, pour justifier le nom de *Chavini*, que Muret dédiait sa plante au curé Chavin, de Compesières, Genève, l'un des membres les plus actifs et les plus distingués d'une pléiade de botanistes aujourd'hui disparue: Reuter, auxiliaire et collaborateur de Boissier, et Dr Fauconnet, à Genève; professeur Godet, à Neuchâtel; Dr Lager, à Fribourg; Dr Mercier, à Coppet; le pasteur L. Leresche, à Rolle, et Jean Muret, Dr en droit, à Lausanne.

Chelidonium laciniatum-majus ?

Je cite cet hybride avec un point de doute, car je ne l'ai pas vu: il m'est revenu seulement qu'on l'avait trouvé à Genève.

Tout le monde connaît la grande chélidoine, plante vulgaire, dont le suc propre jaune orange fait, dit-on, passer les verrues.

Le *C. laciniatum* Miller a les feuilles profondément laciniées et, fait des plus remarquables, ces lacinies se montrent même dans les pétales, qui sont toujours plus ou moins divisés. Notre excellent floriste Gremlé ne peut voir là qu'une monstruosité; mais la plante se reproduit toujours identique, fait que j'observe depuis dix ans au moins; or les monstruosité sont plutôt accidentelles et ne se reproduisent pas: telle année, par exemple, vous trouvez une plante anormale, monstrueuse, et l'année suivante, vous la retrouvez parfaitement normale, à moins, ce qui peut arriver, que des circonstances identiques n'aient favorisé la reproduction de l'anomalie. Je suis donc porté à croire que le *C. laciniatum* est au moins une sous-espèce, et par suite à admettre l'hybride, que je cite pour le signaler à l'observation.

Salix arbuscula-purpurea.

Le *S. arbuscula* est un saule alpin, qui ne descend guère; le *S. purpurea* est une espèce commune dans la plaine, mais qui pénètre dans les vallées et y monte assez haut, jusqu'au fond de la Haute-Engadine, par exemple. Malgré cela, les stations où les deux types s'abordent sont certainement rares. M. R. Buser, conservateur de l'herbier De Candolle, à Genève, qui poursuit les saules depuis plusieurs années, en vue d'une monographie, a été assez heureux pour découvrir, dans l'été de 1888, une de ces stations au pied du Bodengletscher, fond de la vallée de Zermatt. C'est de là que provient le rare et nouvel hybride *Salix Arbuscula-purpurea*, que je nomme *Salix Buseri* en l'honneur de mon savant ami, qui poursuit avec ardeur l'étude des *Salix* et d'autres genres, où il a fait déjà d'importantes découvertes.

Alchemilla alpina-vulgaris, A. splendens Christ.

Ce rare hybride, qu'on ne connaissait qu'entre Lauterbrunnen et la Wengernalp (Oberland), a été retrouvé en 1888 dans les Alpes de Vouvry, en dessus de Miex, par M. le professeur Wolf, de Sion. M. le professeur Fischer, directeur du jardin botanique de Berne, est d'avis que la plante est trop abondante, du moins dans l'Oberland, pour que ce soit un hybride. En face d'une opinion aussi respectable, je m'abstiens de décider; toutefois, *in petto*, je crois à l'hybride.

Nuphar intermedium Led., *N. Spennerianum* Gaud.

Cette plante, donnée par Caspary comme hybride des *N. luteum* Sm. et *pumilum* Sm., n'a pas encore été signalée en Suisse.

Toutefois, j'ai vu parmi des exemplaires de *pumilum*, récoltés au Græppelersee, dans le Haut-Toggenbourg, un ou deux individus à feuilles et à fleurs plus grandes que dans cette dernière espèce et qui pourraient bien être *l'intermedium*. Le *N. pumilum* a été découvert dernièrement au lac des Jones, près de Châtel-St-Denis; or le *luteum* peut s'y trouver aussi, circonstance qui, le cas échéant, permettrait de vérifier l'opinion de Caspary.

Clematis Vitalba var. *chrysostemon*.

M. le Dr Mœhrle, l'infatigable explorateur des environs d'Orbe, y a rencontré un *Clematis Vitalba* dont les étamines sont d'une belle couleur d'or allant à l'orange. Cette forme non encore signalée, mérite, me semble-t-il, le nom de var. *chrysostemon*, surtout si la couleur des étamines se reproduit.

Prunus spinosa L. var. *serotina* Rchb. Fl. excurs.

Cette variété n'est pas signalée dans nos flores, et pourtant elle mérite de l'être. Ses feuilles et ses fleurs sont absolument contemporaines et beaucoup plus tardives que dans le type. L'année dernière (1888), j'ai trouvé la plante en feuilles entièrement développées et en fleurs à peine ouvertes, le 23 mai, donc un grand mois après la floraison du *spinosa*, qui, année moyenne, est en fleurs au 15 avril. Je ne connais jusqu'à présent qu'un grand buisson flaccide, croissant au bord d'un petit ruisseau, au Petit-Mont sur Lausanne.

Rubus Schmidelyi.

Surgeons décombants ou un peu dressés, cylindriques ou obscurément anguleux, glabres, munis de petits aiguillons droits, déclinés, peu nombreux et irrégulièrement disposés, brusquement comprimés au-dessus de leur base, qui est très peu dilatée. Feuilles toujours ternées, à pétiole nettement canaliculé, très finement pubescent ou presque glabre, stipules linéaires elliptiques; folioles toutes pétiolées, glabrescentes, le pétiole des inférieures atteignant 4-5 millimètres, la supérieure largement ovale, cordée à la base, à pointe plus ou moins large et courte, les deux inférieures asymétriques par le fait de l'élargissement du limbe sur leur bord inférieur. Inflorescence en grappe feuillée jusque vers le haut, à pédoncules étalés dressés, finement pubescents; sépales tomenteux cendrés, pétales blancs ovales, étami-

nes inégales, plus courtes que les styles après l'anthèse. Plante absolument stérile. *Rubus* dédié à M. Schmidely, l'auteur d'une excellente monographie des ronces des environs de Genève.

Rubus joratensis.

Ronce du groupe des glanduleuses, à surgeons subcylindriques fortement aciculés glanduleux, glandes inégalement pédicellées, mêlées de poils, aiguillons grêles, brusquement élargis à la base, droits et déclinés. Feuilles ternées, ovales cunéiformes, profondément et inégalement dentées lobulées, les deux folioles inférieures assez longuement pétiolulées. Inflorescence en grappe feuillée; sépales longuement porrigés, verts grisâtres, glanduleux aciculés; pétales.....?, akènes glabres, fruit mûr...? Gremlin pense que ce *Rubus* a quelque rapport avec son *R. cannabinus*. Je n'ai trouvé la plante qu'en septembre 1888, elle paraît rare dans le Jorat. Jusqu'à plus ample informé, je l'ai nommée *Rubus joratensis*.

Veronica officinalis var. *alpestris*. Schübl. et Mart.

J'ai trouvé cette petite forme à 2000 mètres d'altitude, au Passo-di-Sassello, entre la Lévantine et le val Maggia, Tessin. Variété non encore signalée en Suisse.

Chenopodium Bonus-Henricus L. var. *dentatum* Gremlin.

Trouvé par M. Tonduz, fin mai 1888, à la Rosiaz, près Lausanne.

Culla palustris L.

L'existence de cette plante dans la Suisse romande est confirmée par l'exemplaire de l'herbier Gaudin, lequel est accompagné de l'indication suivante: *Supra vicum Bois-d'Amont, in monte Noirmont, anno 1830, a pharmacopola Lips lecta.*

Centaurea Gyrspurgeræ.

On trouve à la Grigna, bord oriental du lac de Côme, deux formes très distinctes du *Centaurea rhætica* Moritzi: la forme type, basse, à tiges arquées décombantes, et une forme dressée, stricte, plus élevée, que Reuter avait déjà signalée dans les bulletins de feu la Société Hallérienne, de Genève. Je l'avais nommée, suivant l'avis de M. W. Barbey, *C. rhætica* var. *Reuteri*;

mais il existe déjà un *C. Reuteri*, et j'ai fait de cette forme une *var. stricta*.

Or le *Centaurea Gaudini* Boiss. se trouve aussi à la Grigna, et il s'est produit sur cette montagne un hybride entre la variété du *rhætica* et le *Gaudini*, c'est-à-dire un *Centaurea Gaudini* — *rhætica* *var. stricta*, que je dédie, sous le nom de *Centaurea Gyrspurgeræ*, à M^{me} Gyrspurger, de Mulhouse, botaniste de mérite, qui a découvert la plante à la Grigna et l'a communiquée à M^{lle} Rosine Masson, à Lausanne.

Le *C. Gaudini* a les appendices très convexes, toujours indivis, blanchâtres; le *rhætica* les a brun-clair ou rarement brun foncé, ne cachant pas l'involucre (ce qui fait paraître celui-ci bigarré), à franges un peu espacées; les capitules du *Gyrspurgeræ* sont intermédiaires: plus clairs ou blanchâtres dans le bas et rappelant ainsi le *Gaudini*; à appendices plus faiblement et plus irrégulièrement frangés que dans le *rhætica* *var. stricta*.

Carex hirta *var. hirtæformis* Greml.

A été trouvé dans les sables du Barrage, à Fribourg, en 1887.

Carex lepidocarpa Tausch.

Cette plante paraît une fort petite espèce; du moins ce qu'on donne sous ce nom provenant de localités suisses est fort difficile à distinguer du *C. flava* et du *C. Oederi*. Selon le D^r Christ, je l'aurais trouvée dans l'Eggen (Valais).

Juin 1889.

NOTE

SUR UN

APPAREIL SIMPLE POUR LA MESURE DE L'ÉVAPORATION

PAR

Henri DUFOUR,

prof. à la Faculté des sciences de l'Académie de Lausanne.

Pl. V.

Parmi les appareils employés pour mesurer la différence entre l'évaporation et la chute aqueuse, l'un de ceux qui atteignent le mieux le but est sans contredit l'appareil nommé *Siccimètre*, par M. le professeur Louis Dufour¹. Dans le mémoire intéressant dans lequel il décrit l'instrument qu'il emploie, M. Louis Dufour précise d'une façon très exacte ce qu'on est en droit d'attendre de mesures de cette nature, leur utilité et leur comparabilité. — Le savant professeur ayant bien voulu donner à l'Observatoire météorologique de l'Institut agricole le *Siccimètre* qu'il avait employé, nous avons cherché, après avoir étudié l'appareil, à simplifier un peu la manœuvre de l'instrument, afin de le rendre utile, même entre des mains peu expérimentées. — Pour comprendre l'appareil nouveau, nous rappellerons en deux mots la construction du *Siccimètre* de M. Louis Dufour.

Il se compose de deux bassins cylindriques superposés et dont l'un forme le couvercle de l'autre. Le bassin inférieur, enfoncé dans le sol, est le bassin de réception; le bassin supérieur, qui recouvre le premier, est au-dessus du sol, c'est le bassin d'évaporation. Un trop-plein, fixé au milieu du bassin supérieur, permet à l'excès de chute sur l'évaporation, de se déverser dans le bassin inférieur. Il faut mesurer les variations de niveau des surfaces des liquides dans les deux bassins. Cette mesure se fait au moyen d'une règle en laiton divisée en millimètres, dont l'une des extrémités est taillée en pointe, le zéro de la graduation coïncide avec la pointe de la règle. Cette règle peut glisser verti-

¹ Note sur la différence entre la pluie et l'évaporation, par M. Louis Dufour. Bull. Soc. vaud. sc. naturelles. Vol. X, p. 233, n° 62. 1869.

calement dans un trou percé dans une plaque de laiton fixée sur le bord de chaque bassin. La mesure consiste à lire sur la règle le nombre de millimètres qu'il y a depuis la surface de l'eau sur laquelle on fait affleurer la pointe jusqu'à la plaque de laiton fixe servant de repère. On mesure donc les variations de niveau du bassin directement en millimètres et fractions de millimètres.

Les modifications que nous avons apportées à l'appareil sont de deux sortes :

1° Dans le Siccimètre ordinaire, il faut enlever le bassin supérieur chaque fois qu'on veut faire une mesure dans le bassin inférieur; vu les dimensions de ce bassin et son poids, cette opération est un peu délicate. Nous avons donc placé les deux bassins l'un à côté de l'autre et l'appareil se compose des pièces suivantes : Un vase quadrangulaire en zinc, de 33 centimètres de longueur sur 31 cm. de largeur et 24 de profondeur, est percé à 5 cm. du bord d'un trou muni d'un tube incliné vers le sol; ce bassin est enterré de 15 cm. environ dans le sol; c'est l'appareil d'évaporation. Un second vase, quadrangulaire également, de 33 cm. de longueur sur 31 cm. de largeur et 20 cm. de profondeur, est percé aussi d'une ouverture à 5 cm. du bord, ouverture de laquelle s'élève obliquement un tube incliné de bas en haut. Lorsque ce vase est posé sur un plan à côté du premier, les deux tubes s'emboîtent l'un dans l'autre et forment un canal de communication entre les bassins. Les deux appareils étant enfoncés dans le sol, se présentent comme le montre la coupe A B C D A' B' C' D', les tubes de communication sont E F. — Ce second bassin est celui de réception de l'excès d'eau, il est fermé par un couvercle en zinc protégé lui-même par une planche vernie en blanc. Une fois installés et bien posés dans le sol, il n'y a plus à toucher aux deux bassins de réception et d'évaporation.

2° Nous avons cherché à simplifier aussi la mesure des variations de niveau des surfaces des liquides et à en augmenter la précision. — Il y a, en effet, dans l'emploi de la règle divisée dont l'extrémité affleure le liquide, une cause d'erreur difficile à éviter et qui résulte de ce que le liquide est un peu soulevé au moment du contact, cette erreur peut atteindre 0^m5 environ; comme les variations de niveau dans le bassin d'évaporation n'atteignent souvent que 1 ou 2 millimètres, il importe d'augmenter, dans la mesure du possible, la précision de la lecture, sur-

tout si cette augmentation dans la précision peut être accompagnée d'une simplification du procédé d'observation.

L'appareil de lecture des variations du niveau consiste tout simplement en un tube de verre de 5 millimètres de vide, ouvert aux deux extrémités et plongé obliquement dans l'eau de façon à être incliné de 10 pour 100 sur l'horizontale. L'une des extrémités du tube est toujours hors de l'eau et l'autre toujours immergée; dans ces conditions, le raccordement de l'eau et du verre dans le tube se fait sous la forme d'un ménisque identique à celui qu'on observe dans un niveau à bulle d'air dont la bulle serait coupée par le milieu; l'extrémité fortement courbée de la ligne de séparation de l'air et de l'eau dans le tube est très facile à observer et son contact avec les traits tracés sur le tube de verre est d'une lecture facile. Ces traits sont distants de 1 centimètre, une variation de la position de l'extrémité du ménisque de 1 centimètre correspond à une variation de niveau dans le bassin de 1 millimètre; des traits plus courts indiquent des demi-centimètres; les divisions plus petites sont estimées au juger.

Il y a un tube semblable dans chaque bassin, ils sont suspendus tout simplement par deux crochets en laiton dont l'un est plus long que l'autre d'une quantité convenable; ces crochets se fixent au bord du bassin.

La vérification de l'appareil se fait facilement; en effet, la surface du bassin est de 1023 cm.², donc en versant dans le bassin un litre d'eau, 1000 cm. cubes, le niveau s'élève presque exactement de 1 cm., et l'extrémité du ménisque de raccordement se déplace de 10 cm. dans le tube.

L'installation de l'appareil est simple et comme elle est définitive, elle peut être faite avec quelque soin; sur le fond bien nivelé des trous creusés dans le sol, on place les deux bassins communiquant l'un avec l'autre par les deux tubes E et F.

On met dans le bassin d'évaporation assez d'eau pour que l'excès s'écoule dans le bassin de réception, puis on suspend le tube de mesure par les crochets de façon à ce que la division zéro du tube soit en contact avec le ménisque dans l'intérieur du tube. Cela fait, on s'assure si l'inclinaison du tube est bien juste en enlevant un litre d'eau avec une bouteille jaugée; le ménisque doit parcourir 10 divisions. Cette opération doit être répétée quelquefois pendant les premières semaines qui suivent la pose des bassins, parce qu'il se produit parfois des tassements irré-

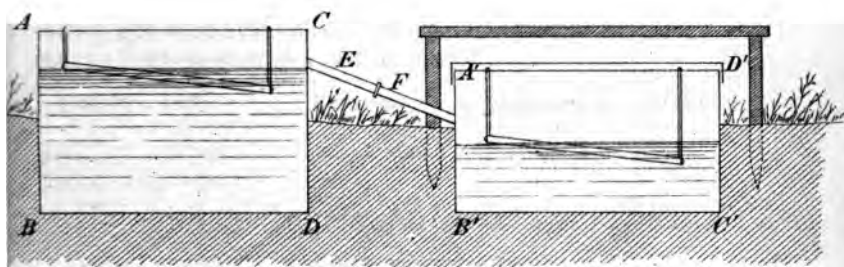


Fig: 1

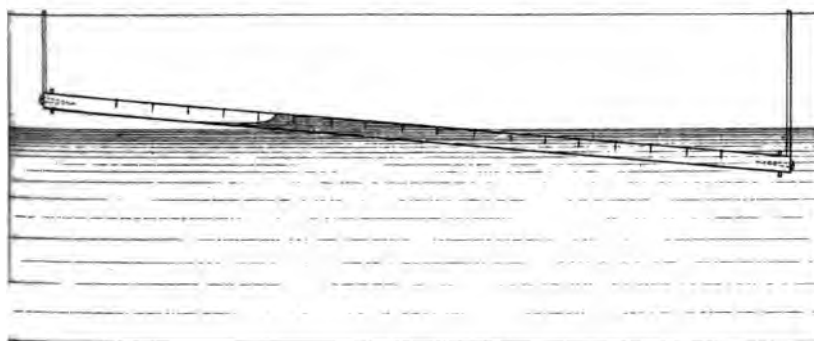


Fig: 2

gouliers du terrain. On opère de même pour le bassin de réception.

Ce procédé très simple de mesure des faibles variations de niveau de surfaces liquides est peut-être employé déjà, nous ne l'avons vu indiqué nulle part; comme il est d'une application très générale, nous avons cru devoir le signaler, c'est la seule excuse que nous avons de décrire cet appareil très simple, et que chacun peut construire à peu de frais.

Octobre 1889.

Laboratoire de physique de l'Académie

Diagnose du *Cephalaria salicifolia*,

ESPÈCE NOUVELLE

Communication faite par M.F. **AVRAT**, au nom de M. WILLIAM BARBEY.

M. le professeur Georges-E. Post, de l'American Syrian College, Beirouth, a trouvé dans les montagnes de la Syrie septentrionale un *Cephalaria* nouveau, qu'il a adressé à M. W. Barbey, accompagné de la diagnose suivante :

CEPHALARIA SALICIFOLIA, perennis, caulibus virgatis tenuissime velutinis; foliis simplicibus glabratibus coriaceis reticulatim rugosis, oblanceolatis linearibusque; acutis, inferioribus in petiolum longe attenuatis, superioribus sessilibus; capitulis mediocribus longe pedunculatis; involucri phyllis late ovatis obtusis et paleis oblongis obtusis abrupte mucronatis; involucelli quadranguli hirsuti, aristis 4 involucellum æquantibus aculeatis setis fere occultatis.

Habitat prope Anitâb, floret Junio; planta sesquipedalis, basi suffruticens, vaginæ inferiores pilosæ, folia inferiora 2 pollices longa 3 lineas lata, capitula majora 6 lineas lata, corolla extus tomentosa.

Planta in Sect. II. Lepicephalus M. K. Deutsch. Fl. I. 741, militans inter ** perennes, ++ pilis simplicibus, b capitula mediocria Boiss. Fl. Or. III, p. 117, sed foliis integris inter affines valde distinctissima.

NOTES ARANÉOLOGIQUES

SUR LE PAYS-D'ENHAUT

Description de deux espèces nouvelles et d'une variété,

par A. GÉTAZ

I.

Voilà deux ans passés que j'ai commencé l'étude des araignées de notre contrée. J'y avais été engagé par un concours proposé aux étudiants en sciences par l'Académie de Lausanne. Le théâtre de mes recherches a été principalement le Pays-d'Enhaut, et c'est la liste des espèces collectionnées dans cette localité que j'ai désiré publier dans le Bulletin. J'ai souligné celles qui n'ont encore été trouvées que par moi dans le canton, ou du moins qui ne sont pas mentionnées par Lebert¹.

ORBITELLARIE.

Argyope Brunnichii Scl.

Epeira grossa C. K.

— diademata Cl.

— diademata, var. nigra.

— diademata, var. α .— diademata, var. β .

— quadrata Cl.

— quadrata, var. minima.

— scolopetaria Cl.

— cucurbitina Cl.

— cornuta Cl.

— marmorea Cl.

— marmorea, var. pyramidalis.

— alpica L. K.

— Redii, var. solers W.

— adianta W.

— acalypha W.

— Sturmi H.

— patagiata Cl.

Cyrtophora conica Pall.

Meta Merianæ Scop.

— Menardi Latr.

— segmentata Cl.

Singa hamata Cl.

— sanguinea C. K.

— albo vittata Westr.

Zilla montana West.

— atrica C. K.

Tetragnatha extensa L.

— MONTANA E. S.

— chrysochlora Sav.

Hyptiotes paradoxus C. K.

RETITELLARIE.

Linyphia montana Cl.

— triangularis Cl.

— phrygiana Cl.

— pusilla Sund.

— marginata C. K.

— alticeps Sund.

— luteola Bl.

— luteola, var. phosphorea G.

¹ LEBERT. Die Spinnen der Schweiz. Mémoires de la Société helvétique des Sciences naturelles, 1877.

- Linyphia clathrata* Sund.
 — *pellata* Wid.
 — *Zebrina* Menge.
Theridium riparium Bl.
 — *tepidariorum* C. K.
 — *tinctum* W.
 — *pictum* W.
 — *denticulatum* W.
 — *formosum* Cl.
 — *simile* C. K.
 TUBITELARÆ.
Segestria senoculata L.
 — *senoculata*, var. *castro-*
 dunensis G.
Dysdera rubicunda C. K.
Tegenaria domestica L.
 — *ferruginea* Panz.
 — *campestris* C. K.
 — *cinerea* Panz.
 — *atrica* C. K.
 — *sylvestris* L. R.
 — *agrestis* W.
Agalena labyrinthica Cl.
Agrocea aglundi Thor.
Zora spinimana Sund.
Drassus lapidosus W.
 — *quadripunctatus* L.
 — *trogodytes* C. K.
Gnaphosa Pittieri G.
 — *atramentaria* E. S.
Echemus cartrodunensis G.
Amaurobius fenestralis Str.
 — *similis* Bl.
 — *claustrarius* H.
Coelotes pastor, E. S.
Chiracanthium nutrix, W.
Clubiona pallidula Cl.
 — *albens* Hentz.
 — *parvula* Lc.
Sparassus virescens Cl.
 LATERIGRADÆ.
Thomisus Ianio C. K.
 — *Kochii* Thor.
 — *ulmi* H.
Thomisus robustus H.
 — *lineatus* Westr.
 — *erraticus* Bl.
Philodromus margaritatus Cl.
 — *dispar* W.
 — *aureolus* Cl.
 — *histrio* Ltr.
Thanatus arenarius Thor.
 TIBELLUS OBLONGIUSCULUS Lc.
Runcinia lateralis C. K.
Diva Dorsata Fabr.
Xysticus luctator L. K.
 — *incertus* Bl.
 — *acertus* Th.
 — *sabulosus* H.
 CITIGRADÆ.
Lycosa meridiana H.
 — *amentata* Cl.
 — *paludicola* Cl.
 — *inquilina* C. K.
 — *aculeata* Cl.
 — *monticola* C.
 — *riparia* C. K.
 — *accentuata* Ltr.
 — *terricola* Thor.
 — *cuneata* Cl.
 — *fabrilis* Cl.
 — *trabalis* Cl.
 — *pulverulenta* Cl.
Pardosa agricola Thor.
 — *vittata* Kys.
Ocyale mirabilis, var. *magna*.
 — — var. *parva*.
 SALTIGRADÆ.
Epiblemum scenicum Thor.
Hasarus arcuatus Cl.
Pellenes tripunctatus W.
Heliophanus muscorum E. S.
 — *flavipes* H.
Attus pubescens Fabr.
Ælurops insignita Bl.
Philacus chrysops Cl.
Menemerus semilimbatus H.

II.

Je suis convaincu que MM. les naturalistes seront un peu surpris de voir un *jeune* donner un nom à deux espèces nouvelles. Cependant, rien qui ne s'explique. N'a-t-on pas toujours eu quelques préventions contre les araignées, ne suffit-il pas d'en entreprendre l'étude pour paraître ridicule aux yeux de certaines personnes ? A cause de ces préjugés, l'aranéologie a été négligée comparativement aux autres branches de la zoologie. Les monographies sont peu nombreuses ; il en est de même des ouvrages descriptifs. Jusqu'en 1874, époque où M. E. Simon commença la publication de son ouvrage sur les Arachnides de France (malheureusement encore inachevé), chaque auteur nommait l'espèce à sa façon. Il est facile de s'en rendre compte par les longues listes synonymiques qui doivent actuellement accompagner chaque représentant de cet ordre pour qu'il n'y ait pas de confusion. Quelques espèces ont été décrites jusqu'à vingt fois avec un nom différent (*Philacus chrysops*, par exemple) ; il est arrivé même assez fréquemment de faire du mâle et de la femelle deux individus distincts. La subordination des caractères était généralement mal comprise : la coloration jouait un trop grand rôle dans le dédoublement des espèces ; les observations étaient inexactes : on ne se souciait guère de savoir si l'on avait à faire avec un spécimen complètement développé ou non. C'est à ces fautes des premiers aranéologues qu'on doit attribuer les difficultés qu'a présentées cette étude jusqu'au moment où Thorell et E. Simon ont établi la synonymie.

Si j'ai tenu à faire voir combien ces recherches ont été imparfaites et comment ce champ d'observations a toujours été délaissé, c'est principalement pour adresser un appel à tous ceux qui se sentent portés à l'étude de la nature, en leur assurant qu'ils trouveront autant de jouissances dans ce domaine que partout ailleurs.

Je passe à mes deux descriptions. Je me bornerai à donner une courte diagnose de chaque espèce, quitte à les décrire d'une manière plus complète, lorsque mes connaissances me permettront de traiter des organes copulateurs mâles.

Gnaphosa Pittieri nov. spec.

Céphalothorax, avec une strie médiane courte et une grande tache en V, brun-rougeâtre; rebord noir, étroit, vertical. Yeux antérieurs assez resserrés, formant une ligne courbée en arrière, les médians plus petits, les latéraux gros, ovales. Yeux postérieurs en rangée plus large, courbée en avant, les médians ovales obliques, les latéraux plus gros. Lames maxillaires formant une échancrure pour entourer la pièce médiane. Chélicères arrondis à la base, crochet robuste, le bord inférieur de la rainure porte une petite lame carénée creusée au milieu et finement denticulée. Abdomen noir, avec deux paires de points enfoncés. Pattes brun-noirâtre. Tibias I, en dessous, à l'extrémité, 1 épine. Métatarses I et II, une paire d'épines dans la moitié antérieure. Tibias II, en dessous, à l'extrémité, 1-2 épines. Tibias et métatarses III et IV portant en dessous et de côté des rangées d'épines et en dessus une seule petite épine vers le milieu. Scopulas aux métatarses I et II et sous tous les tarsi. Epigyne en plaque carrée, avec une fossette légèrement rétrécie et une avance testacée dépassant à peine le milieu.

Dimensions : Céphalothor. 5 mm. Abdomen 4.5 mm.

Nombre d'exemplaires trouvés : 5 ♀ et 3 ♂, tous adultes.

Rochers du château Cottier, près Château-d'Œx.

Echemus castrodunensis nov. spec.

Céphalothorax fauve sans ligne marginale. Yeux latéraux antérieurs ovales larges touchant aux médians, ceux-ci plus gros et plus séparés. Yeux médians supérieurs également séparés, obtusément tronqués du côté interne, les latéraux ovales très resserrés. Les deux rangées d'yeux sont exactement de même largeur, mais la seconde est très courbée en arrière, tellement que les yeux latéraux des deux lignes sont connivents. Abdomen gris-brun. Plastron plus long que large, très obtusément tronqué en avant et atténué en arrière. Pattes assez robustes; tous les tibias et métatarses possèdent en dessous deux rangées de 3 épines; fémurs et patellas blanchâtres, tibias, métatarses et tarsi bruns.

Dimensions : Céphalothor. 2.5 mm. Abdomen 3 mm.

Nombre d'exemplaires trouvés : 1 ♀ et 1 ♂.

La Chenau, près Château-d'Œx.

Segestria senoculata, var. *Castrodunensis*.

M. Dahl, à qui des échantillons avaient été envoyés, n'a pas pu les considérer comme appartenant à une espèce nouvelle, malgré des différences assez tranchées avec *S. senoculata* L.

La variété *Castrodunensis* a la même coloration et la même disposition des soies et des épines que *S. senoculata*, mais la rangée d'yeux antérieure beaucoup moins infléchie et les yeux beaucoup plus séparés les uns des autres.

Cette variété mesure 11 mm., tandis que la grandeur moyenne des exemplaires que je possède de l'espèce est de 8 mm.

Exemplaires trouvés : 2 ♀.

Troncs de sapins pourris au pâturage de la Dent.

RAPPORT

sur la marche de la Société vaudoise des Sciences naturelles,
présenté à l'assemblée générale du 19 juin 1889, à Lausanne,

par M. CHUARD, président.

MESSIEURS,

Dans le rapport présenté à l'assemblée générale de 1883, le président, M. Rosset, directeur des Salines, vous conviait à célébrer le centenaire de notre Société, en rappelant la fondation de la Société des sciences physiques de Lausanne, qui constitue, en effet, la première tentative heureuse de grouper, en vue d'un travail commun, les naturalistes de notre petite patrie. Ceux d'entre vous qui assistaient à la réunion de 1883 se souviennent, sans doute, de l'intéressante narration qu'ils entendirent des succès et des vicissitudes de la jeune Société, de ses transformations diverses jusqu'à la fondation de notre Bulletin, en décembre 1841.

Aujourd'hui, si vous le voulez bien, c'est la prochaine apparition du centième numéro de ce même Bulletin qui me permettra de suivre l'exemple de M. Rosset et de jeter un rapide coup d'œil sur le travail accompli depuis cette date mémorable du 23 décembre 1841, où fut prise la décision de publier en un organe indépendant les œuvres de la Société des sciences naturelles.

Elle était plus vaillante que nombreuse, la petite phalange de naturalistes qui, sur l'instigation du professeur E. Wartmann, allait essayer de recommencer l'œuvre que la fin troublée du siècle passé avait interrompue. Pour autant qu'on peut la reconstituer, la Société des sciences naturelles ne comptait guère plus de quatre-vingts membres en 1841, et le premier volume du Bulletin, contenant les travaux des années 1842, 1843 et 1844, est dû à la collaboration de 29 d'entre eux seulement.

Mais dans ce nombre nous trouvons quelques hommes dont l'activité scientifique suffirait à alimenter même une publication plus importante, et auxquels nous devons un souvenir reconnaissant.

C'était d'abord M. Wartmann, le professeur de physique de

l'Académie, dont ce premier volume de notre Bulletin porte le nom presque à chaque page. C'étaient ensuite les chimistes de *Fellenberg* et *Rivier*, le D^r *J. de la Harpe*, *Rod. Blanchet*, *Chavannes*, *Hollard*, *Gilliéron*, *Ch.* et *Math. Mayor*, et d'autres dont la productivité, pour être moins grande, n'a pas été sans laisser des traces durables dans nos premiers Bulletins. On est surpris, en effet, en feuilletant ces premiers volumes, de constater combien peu la plupart de ces travaux ont vieilli, et l'intérêt qu'ils ont conservé.

Le deuxième volume, plus riche encore que le premier, contient les travaux de 1846 à 1848 et nous mène jusqu'au vingtième numéro. Alors surviennent quelques années pénibles, pendant lesquelles, pour diverses causes, la publication du Bulletin se fait avec difficulté.

M. Wartmann n'est plus à Lausanne; il professe à Genève, et tout en continuant à s'intéresser à l'œuvre dont il était le principal fondateur, il diminue d'une manière fort sensible sa collaboration. D'autre part, l'agitation politique de cette époque a dû probablement exercer une influence fâcheuse sur l'activité scientifique de la Société. Les séances n'étaient presque plus fréquentées; souvent elles n'avaient pas lieu, faute d'assistants, et le Bulletin enregistrait fidèlement cette sorte de dépression de l'esprit scientifique dans notre pays. C'est ainsi qu'en 1850, le seul Bulletin publié est une mince brochure d'un peu plus de vingt pages, ne faisant mention que de cinq séances et de onze communications scientifiques.

Je m'empresse d'ajouter que si l'on représentait graphiquement l'activité de notre Société, sa courbe atteindrait en cette néfaste année son point minimum; dès lors, non-seulement elle se relève, mais un véritable mouvement de renaissance se fait sentir et le Bulletin en reçoit presque aussitôt l'impulsion. M. E. Rambert a fait en quelques traits, dans un de ses derniers écrits, un tableau saisissant de vie et de couleur de l'aurore de cette renaissance, dont il attribue le principal mérite au D^r J. de la Harpe. Je vous demande la permission de transcrire ici cette page brillante qu'il est bon de conserver à nos successeurs. La voici. M. Rambert décrit d'abord l'état de marasme où étaient tombés la Société et son Bulletin en 1850.

« Cependant, dit-il ensuite, un mouvement de réaction favorable commençait à se dessiner. Les personnes aux mains desquelles était confiée la direction de nos écoles ne paraissaient

point animées d'un zèle très encourageant pour la haute culture ; mais il y avait des degrés dans cette tiédeur alarmante et la littérature en ressentait les effets beaucoup plus que les sciences.

» Les mœurs aussi changeaient. Lausanne était de moins en moins la ville aristocratique d'autrefois. Les conditions de la vie moderne ne permettaient plus aux petits rentiers d'y vivre dans la quiétude d'un far-niente inoffensif. L'industrie était en progrès, le commerce devenait plus entreprenant, l'esprit positif du siècle prenait le dessus. Une voie nouvelle s'ouvrait ainsi peu à peu, les esprits s'y engageaient sans trop s'en rendre compte et la science, instrument indispensable de tout développement économique, ne pouvait manquer de recueillir le bénéfice des dispositions et des besoins créés par le changement survenu dans les mœurs.

» Ce fut sous l'empire de ces circonstances favorables, que quelques hommes recherchèrent les moyens de rendre un peu de vie à la Société qui se mourait...

» L'homme de la situation, celui auquel revient plus qu'à tout autre l'honneur de cette résurrection, est sans contredit le Dr Jean de la Harpe. Un sûr instinct lui fit sentir le vice de l'organisation antérieure. La Société ressemblait trop à une académie au petit pied. Les séances avaient un certain décorum ; il était rare qu'on y causât familièrement. On lisait ou écoutait lire des mémoires soigneusement rédigés, ces mémoires allaient à l'impression et formaient seuls le Bulletin qui gardait à peine la trace de ce qui avait pu se passer dans les séances. Avec ce décorum, on paralyse les bonnes volontés, disait de la Harpe ; il nous faut des réunions familières, qui aient de l'intérêt et du mouvement, qui attirent les jeunes gens aussi bien que les savants déjà connus et posés, qui leur donnent le goût de la science et fassent régner parmi eux une salubre émulation ; des réunions où l'on cause, où chacun puisse apporter le résultat de ses observations de tous les jours sans être retenu par la crainte de trop présumer de lui-même, et d'où l'on sorte avec le désir d'y revenir.

» Ainsi disait Jean de la Harpe, et avec sa bonhomie, sa chaleur communicative, il trouva sans peine à qui parler. La jeunesse avait senti venir le vent nouveau, et parmi les étudiants il s'en trouvait beaucoup chez qui s'était éveillée la curiosité scientifique. En peu de temps, la Société se vit transformée ; le nom-

bre des membres grandit rapidement, les séances plus intéressantes attirèrent des assistants nombreux; au lieu de trois ou quatre, on se trouva vingt, on se trouva trente. Les publications de la Société subirent une transformation analogue; elles prirent le caractère d'un procès-verbal détaillé, dans lequel s'intercalaient les Mémoires, puis le progrès s'accroissant, les communications devenant plus nombreuses, on fit dans le Bulletin deux parts distinctes, l'une aux procès-verbaux, l'autre aux Mémoires. Cette transformation s'opéra sans bruit, mais assez rapidement vers les années 1851, 1852 et 1853; en 1854, le Bulletin prenait sa forme définitive. »

C'est, en effet, comme le dit Rambert, le n° 32 du Bulletin, année 1854, qui le premier paraît avec la distribution dès lors presque invariablement maintenue: les procès-verbaux d'un certain nombre de séances, avec les détails administratifs bons à conserver et un court résumé des communications scientifiques et des discussions qui suivaient. On a ainsi en quelques pages et par fragments successifs, l'histoire de la vie et des travaux de la Société. Une 2^{me} partie renfermant uniquement les Mémoires, ceux-ci mieux séparés, mis en évidence, peuvent plus facilement prendre une forme définitive et un développement qu'ils n'avaient pas avec l'ancienne économie du Bulletin.

Dès ce moment, le Bulletin prend une importance croissante et devient de plus en plus recherché des Sociétés savantes et des Instituts, qui non-seulement acceptent avec empressement l'échange, mais le plus souvent le demandent, de sorte qu'en peu d'années le nombre des Sociétés correspondantes est doublé.

Il devient plus difficile de citer ici les collaborateurs éminents qui, dès cette réorganisation de 1854, ont donné à notre Bulletin une valeur si considérable. Ce passé est si récent que la plupart d'entre eux sont heureusement encore des nôtres, et je ne voudrais pas blesser leur modestie en les désignant. Je me borne à citer, parmi les disparus, R. Blanchet, le botaniste, météorologiste et viticulteur; Bischoff, auquel je reviendrai; A. Chavannes, Morlot, Gaudin, Yersin, Marguet, Gay, et les deux de la Harpe, le père et le fils, dont nous entendrons encore parler aujourd'hui.

Enfin une date importante dans l'histoire de notre Bulletin reste à mentionner, c'est celle de 1871, où grâce à la générosité d'un des membres de la Société, Gabriel de Rumine, dont le nom ne saurait être trop souvent rappelé au milieu de nous,

notre modeste publication prend une ampleur nouvelle, que jamais elle n'aurait acquise avec les ressources modestes provenant des cotisations de ses membres.

La nouvelle situation de fortune de la Société des sciences naturelles exigea naturellement un remaniement administratif complet. On en profita pour établir un règlement du Bulletin qui fixa les conditions de publication et les droits et obligations des auteurs. C'est dès cette époque que notre Bulletin a vu ses plus beaux jours, et la décade de 1871 à 1881 comptera, sans doute, longtemps encore comme la plus brillante, au point de vue du nombre et de l'étendue des travaux publiés.

Elle a même, en quelque sorte, porté un léger préjudice aux années suivantes, non que le zèle des membres de la Société se soit ralenti, mais pour des raisons plutôt budgétaires. Les dimensions de notre Bulletin ne dépendent pas toujours du travail des sociétaires; nous avons connu des jours où, si riche que l'ait fait le généreux legs de G. de Rumine, il s'est trouvé trop pauvre pour publier *in extenso*, tout ce qu'on lui offrait, grâce à la diminution de ressources provoquée par l'exubérance de publication des années précédentes.

Maintenant nous pouvons espérer d'être enfin arrivés, après quelques oscillations, à l'état d'équilibre, et notre publication finira, sans doute, par atteindre, sinon une périodicité absolue sur laquelle il serait illusoire de compter, du moins à une régularité qui s'en rapprochera le plus possible. Notre éditeur, M. Roux, qui accomplit avec tant de dévouement une besogne souvent aride et ingrate, nous fait en effet espérer que cette année encore verra sortir de presse les deux Bulletins n^{os} 99 et 100 et qu'à l'avenir chaque année comprendra deux Bulletins, paraissant autant que possible avant chaque assemblée générale. Le n^o 99 est terminé et vous l'auriez déjà entre les mains si l'inondation du 2 juin, qui a dévasté plusieurs rues et quartiers de Lausanne, n'avait pas aussi exercé ses ravages chez le brocheur où se trouvaient tous les exemplaires de ce fascicule. Nous avons craint longtemps d'avoir à vous annoncer la perte complète de tout le tirage, qui nous aurait obligés à un sacrifice financier considérable pour notre Société, la composition du Bulletin étant naturellement détruite. Heureusement nous pouvons espérer que grâce à la vigilance mise au repêchage, nettoyage et séchage des paquets, un nombre d'exemplaires suffisant au service des membres et des Sociétés correspondantes pourront être sau-

vés. Quelques exemplaires devront, sans doute, être rognés d'un peu près, mais chacun comprendra et excusera un défaut qui sera en même temps le souvenir d'un événement heureusement aussi rare que terrifiant pour Lausanne.

Quant au centième numéro, il est commencé, et si nos auteurs veulent bien déposer leurs Mémoires, son apparition précèdera la prochaine assemblée générale.

J'ai dit, il y a quelques instants, que nous pouvions espérer d'être arrivés à l'état d'équilibre entre nos finances et les exigences de notre publication. Qu'il me soit donc permis de rappeler à ceux de nos auteurs que des scrupules ont pu arrêter autrefois, lorsqu'il s'agissait de déposer des mémoires, que notre éditeur ne se plaint pas du tout de pléthore et que les Mémoires qui doivent suivre tant d'intéressantes communications entendues dans les séances, seront accueillis avec grand plaisir par lui. Depuis deux ans, Messieurs, que la partie scientifique de nos procès-verbaux jouit de la publicité des Archives de Genève, il semblerait, jusqu'à un certain point, que la publication des résumés des communications scientifiques tende à se substituer à la publication des Mémoires.

Ce serait grand dommage pour notre Bulletin, car il jouit lui aussi d'une publicité qui n'est pas à dédaigner; mais je suis assuré, Messieurs, qu'il suffit de vous indiquer le fait, et vous vous efforcerez d'y apporter le remède.

Il importe à tous les points de vue que notre Bulletin, s'il ne peut s'agrandir au-delà de certaines limites, ne diminue pas non plus ni en fréquence, ni en étendue. Cela est nécessaire, surtout si nous voulons voir continuer la progression réjouissante du nombre de nos échanges. L'année dernière, ce nombre était de 247, cette année il est monté à 261, et parmi les nouvelles sociétés entrées en relation avec nous, il en est d'une notoriété considérable, je me borne à citer :

L'Académie Léopoldino-Carolina de Halle.

Le Collège royal de physique d'Edimbourg.

L'Académie des mines de Berlin.

La Société de géographie de Berlin.

La Société de biologie de Lille, etc., etc.

Après vous avoir parlé, bien longuement, je le crains, de notre Bulletin qui occupe exceptionnellement la première place dans ce rapport, j'ai à vous donner connaissance des modifications

que l'année écoulée a apportées dans l'état des membres de la Société.

Comme l'an dernier, nous avons malheureusement des pertes douloureuses à enregistrer.

C'est d'abord l'un de nos membres honoraires, *Ch. Martins*, professeur et directeur du jardin botanique de Montpellier; météorologiste et botaniste distingué, il appartenait à la génération des Agassiz et des Desor, dont il fut l'ami et le collaborateur. Il étudia avec eux les glaciers de l'Aar et fut en France, en quelque sorte, l'introducteur de ces théories glaciaires dont l'histoire est liée à celle de notre pays.

Une revision attentive de la liste de nos membres honoraires a fait, en outre, constater le départ, datant déjà de quelques années, de deux des plus anciens: *Th. Andrews* et *Gustave Svanberg*. C'est donc trois membres honoraires que vous aurez aujourd'hui à nommer pour compléter notre liste de cinquante.

Parmi nos membres ordinaires, des pertes bien sensibles sont aussi à constater. Nous avons vu disparaître successivement MM. *Heer-Tschudi*, *Théodore de Meuron*, qui assista encore à la dernière assemblée de Payerne et qui fut jusqu'à la fin un des membres fidèles de notre Société. *M. H. Carrard*, professeur, qui, malgré que son activité se soit déployée dans un autre domaine, nous a conservé jusqu'à la fin l'appui de son nom honoré. Enfin, Messieurs, tout récemment, le 20 avril, nous avons perdu l'un des doyens de notre Société, l'un des membres qui contribuèrent à en faire ce qu'elle est aujourd'hui, et si long que soit déjà ce rapport, je ne puis m'empêcher de consacrer quelques lignes à sa mémoire.

Henri Bischoff, né en 1813, était fils d'un des membres fondateurs de notre Société, Jean-Charles Bischoff, pharmacien; il fit son apprentissage de pharmacie chez son père, puis étudia en Allemagne, à Fribourg et à Dresde, où il fut en même temps commis pharmacien, puis à Berlin.

Rentré au pays et fixé comme pharmacien, il devint en 1836 membre de la Société des sciences naturelles; l'entrée dans la vie pratique n'avait pas éteint en lui l'amour de la science, et l'exercice de sa profession ne l'empêcha pas de se tenir au courant du progrès de la chimie vers laquelle il s'était toujours senti attiré. En 1839, il acceptait de donner les leçons de chimie à l'Ecole industrielle, et se trouvait ainsi disposer d'un rudiment de laboratoire; il en profitait pour exécuter nombre d'analyses

intéressantes dont on retrouve les résultats dans les premiers volumes de notre Bulletin. Ces premiers travaux et son enseignement à l'Ecole moyenne attirèrent sur lui l'attention et lorsque à la mort du professeur Mercanton, la chaire de chimie de l'Académie devint vacante, il y fut appelé d'abord à titre provisoire, puis en 1855 comme professeur ordinaire.

C'est à son arrivée à l'enseignement supérieur que commence à proprement parler l'activité scientifique de Bischoff. Dès 1850, le Bulletin enregistre fréquemment ses communications. Ce n'étaient pas toujours, il va sans dire, des travaux originaux, des résultats de longues recherches qu'il apportait aux séances, mais c'étaient des nouveautés intéressantes, des appareils, des produits, des réactions nouvelles qu'il montrait, contribuant ainsi largement à l'œuvre de Jean de la Harpe dont il a été question il y a quelques instants.

En outre, on doit à Bischoff un grand nombre d'analyses, toutes exécutées avec une conscience, une rigueur, qui leur donnent une valeur toute particulière, ainsi les analyses des eaux minérales de Bex, Lavey, Yverdon, et bien d'autres qui sont encore et seront longtemps citées.

On retrouvait dans l'enseignement de Bischoff la conscience qu'il mettait à ses travaux d'analyse. Constamment au courant de tout ce qui se faisait en chimie, pendant ces années fécondes où la théorie atomistique et unitaire démolissait morceau après morceau l'édifice dualistique de Berzélius, Bischoff fut un des premiers professeurs de langue française qui introduisit dans ses cours les idées nouvelles et la notation qui en découle.

La période de 1850 à 1870 fut celle de la plus grande productivité de Bischoff. Quelques années plus tard, la création du laboratoire de contrôle des boissons et denrées lui faisait quitter sa chaire pour diriger le nouvel établissement, où jusqu'au dernier moment il déploya les qualités qui dominent sa vie entière, l'esprit de recherche, la perspicacité, la minutieuse probité scientifique qui donnent leur valeur aux travaux qu'il a laissés.

Messieurs, si nous avons fait les pertes sensibles dont je viens de parler, nous avons, d'autre part, le plaisir de compter d'assez nombreux nouveaux membres. Depuis l'assemblée de Payerne, où nous avons eu déjà le plaisir de recevoir plusieurs candidats, nous avons admis 12 sociétaires, plus celui qui vient d'être proclamé. En tenant compte de deux démissions survenues dans le courant de l'année, le nombre total de nos membres actifs est

aujourd'hui de 124, en augmentation de 6 sur celui de l'année dernière.

Si nous passons au travail effectué pendant l'année écoulée, nous devons mentionner d'abord la publication du n° 98 du Bulletin avec 14 mémoires et les procès-verbaux d'un semestre. Dans les 17 séances qui ont été tenues, nous avons entendu 86 communications scientifiques, soit une moyenne de plus de cinq par séance, chiffre rarement dépassé, si je ne fais erreur. Ces communications sont dues à 31 sociétaires, parmi lesquels six membres forains (MM. Gauthier, Gétaz, Forel, Barbey, Pittier, Cruchet), fait réjouissant qui, espérons-le, se reproduira, si Messieurs les sociétaires fixés hors de Lausanne veulent bien se souvenir qu'il n'est pas nécessaire d'assister à la séance pour y faire une communication et qu'ils trouveront facilement des membres lausannois heureux de présenter leurs observations ou leurs découvertes.

Je n'empiéterai pas, Messieurs, sur le rapport du caissier, puisqu'il a de bonnes nouvelles à vous communiquer, et je termine en souhaitant que le rapport de l'année prochaine puisse, comme ses devanciers, constater les progrès lents, mais réels, de notre chère Société.

Résumé des comptes pour l'année 1888.

Compte général.

RECETTES

Finances d'entrée, celles perçues	Fr.	50 —
Contributions annuelles pour 1888	»	1,720 —
Bulletins vendus	»	16 50
Compte d'intérêts, ceux perçus	»	3,212 70
Total	Fr.	<u>4,999 20</u>

DÉPENSES

Bulletin. Impression, brochage, expédition . .	Fr.	1,260 55
Bibliothèque. Traitement du bibliothécaire, frais de port, etc.	»	293 60
Administration. Frais divers	»	908 24
A reporter	Fr.	<u>2,462 39</u>

	Report	Fr. 2,462 39
Loyer	»	407 —
Fonds de Rumine. Achat de livres	»	726 90
A.-L. Dutoit. Perte sur ce compte	»	61 50
Mobilier. Achat de meubles	»	75 —
Capital. Excédent des recettes sur les dépenses.	»	1,266 41
	<u>Fr.</u>	<u>4,999 20</u>

Bilan au 31 décembre 1888.

ACTIF

	Rates d'intérêt.	Capitaux.
Compte des titres déposés à la Banque cantonale:		
10 délégations Desplands, de 1000 fr.	Fr. 231 25	10,000 —
55 obligations S. O., de 515 fr.	» — —	28,325 —
14 » Emp. vaudois, de 500 fr.	» 81 20	7,000 —
4 délégations Wyssbrod, 1000 fr.	» 84 60	4,000 —
4 oblig. Ville de Payerne, de 500 fr.	» 10 —	2,000 —
5 » Entreprise des marais de l'Orbe, de 1000 fr.	» 203 60	5,000 —
1 » Franco-Canadien	» 5 —	482 50
4 déléгат. Emprunt Favre	» 119 50	4,000 —
4 » Hoirs Cuénod	» 42 50	4,000 —
12 » Ritter (Gibbon)	» 268 50	12,000 —
Valeur des titres		<u>76,807 50</u>
Rates d'intérêt	Fr. 1046 15	1,046 15
Banque cantonale vaudoise. Compte-courant		4,796 —
Débiteurs divers. Solde		303 —
Caisse. Solde au 31 décembre 1888		30 90
Total	<u>Fr.</u>	<u>82,983 55</u>

PASSIF

Créditeurs divers. Solde.	Fr.	507 20
Capital. Solde créditeur	»	82,476 35
Total	<u>Fr.</u>	<u>82,983 55</u>

Certifié conforme au Grand-Livre.

Lausanne, le 3 juin 1889.

Le Caissier, L. PELET.



NOTE

sur la floraison d'un certain nombre de plantes,
en décembre 1888 et janvier 1889.

L'hiver 1888-89 est certainement un des plus remarquables qu'il y ait eu depuis assez longtemps, au point de vue des phénomènes de végétation qui s'y sont produits en décembre et janvier.

Sans doute, toutes les fois que l'automne est beau et que l'arrière-saison se prolonge, une foule de plantes continuent de végéter, tandis que d'autres ont une seconde floraison, ou, trompées par la température, devancent l'époque où elles fleurissent ordinairement. C'est surtout chez les plantes herbacées et vivaces que ces phénomènes se produisent. Parmi les végétaux ligneux, le cas est beaucoup plus rare: le lilas et le pommier, entre autres, refleurissent quelquefois; mais c'est rarement toute la plante et seulement une branche ou deux, du moins d'après mes observations.

Les plantes dont suit l'énumération, et qui sont au nombre de 140 environ, ont été pour la plupart recueillies ou constatées aux environs de Lausanne, entre le 15 décembre et le milieu de janvier. M. Tonduz, ancien préparateur de botanique, en a recueilli le plus grand nombre. M. Jaccard, préparateur actuel, et M. Favrat ont observé ou récolté les autres. Quelques-unes proviennent du Pèlerin et du Jura.

Le *Primula elatior* a été envoyé en motte au bureau de la *Revue*; il provenait des pentes des Diablerets (1800 m.), où il avait été trouvé entre le 15 et le 20 janvier.

Je n'ai pu tenir compte d'une note parue dans la *Gazette du Valais* et la *Gazette de Lausanne*, note signalant un remarquable phénomène de végétation au Val-d'Anniviers, à la même époque et à une altitude de 2000 m.; les noms des plantes n'étaient pas donnés.

Plantes sauvages.

Renonculacées.

Ranunculus acris, *Ran. bulbosus*, *Ran. repens*, *Anemone nemorosa*.

Papavéracées.

Papaver Rhoeas (le coquelicot).

Fumariacées.

Fumaria officinalis (la fumeterre).

Crucifères.

Cardamine hirsuta (cresson des vignes), *Erucastrum Pollichii*, *Arabis albida*, *Raphanus Raphanistrum*, *Sinapis arvensis* (moutarde des champs), *Capsella bursa pastoris* (la bourse à pasteur).

Cistinées, Violariées.

Helianthemum vulgare (Hélianthème commun), *Viola tricolor* (pensée des champs, deux variétés).

Résédacées, Polygalées.

Reseda lutea, *Polygala vulgaris*.

Alsiniées.

Alsine leptoclados (sabline à petits fruits), *Cerastium vulgatum*, *Silene inflata*, *Stellaria media* (mouron des oiseaux).

Hypéricinées, Malvacées, Géraniacées.

Hypericum perforatum (le millepertuis), *Malva silvestris* (la mauve sauvage), *Geranium pyrenaicum*, *Ger. Robertianum*, *Ger. dissectum*.

Papilionacées.

Anthyllis vulneraria (vulgo patte de chat), *Melilotus alba*, *Trifolium pratense* (le trèfle cultivé), *Trif. repens* (vulgo le triolet), *Genista tinctoria* (le genêt des teinturiers), *Hippocrepis comosa*, *Melilotus arvensis*, *Medicago Lupulina* (la lupuline).

Rosacées.

Potentilla reptans, *Pot. Fragariastrum*, *Pot. micrantha*, *Pot. verna*, *Fragaria vesca* (le fraisier commun, avec fleurs et fruits mûrs), *Rubus...* (indéterminé).

Ombellifères.

Anthriscus silvestris, *Aethusa Cynapium*, *Pastinaca sativa* (le panais, le type sauvage), *Bupleurum falcatum*, *Pimpinella Saxifraga*.

Araliacées, Cornées, Stellatées.

Hedera Helix (le lierre, qui fleurit normalement en septembre), *Cornus sanguinea* (le cornouiller sanguin), *Galium silvestre*.

Dipsacées.

Succisa pratensis (mors du diable, herbe de saint Joseph),
Scabiosa Columbaria.

Composées.

Centaurea Scabiosa, *Cent. Jacea*, *Bellis perennis* (la pâquerette ou petite marguerite), *Erigeron canadensis* (vergerette du Canada), *Erig. acris* (vergerette âcre), *Achillea Millefolium* (le millefeuille), *Chrysanthemum Leucanthemum* (la grande marguerite), *Senecio vulgaris* (le seneçon commun), *Picris hieracioides*, *Taraxacum officinale* (le pissenlit), *Sonchus oleraceus* et *asper* (les deux laitrons des lieux cultivés), *Hieracium murorum* (éperrière des murs), *Lampsana communis*.

Gentianées.

Gentiana verna (gentiane printanière), *Gent. excisa* (sous-espèce de la gentiane à tige courte).

Scrophularinées.

Antirrhinum majus (gueule-de-loup), *Linaria minor*, *Lin. cymbalaria* (vulgo ruine de Rome), *Veronica polita*, *Veron. persica*.

Labiées.

Ballota foetida (la ballote fétide), *Ajuga genevensis* (la bugle de Genève), *Stachys recta* (l'épiaire dressée), *Teucrium Scordonia*, *Origanum vulgare* (origan commun), *Salvia pratensis* (la sauge des prés), *Galeopsis angustifolia*, *Lamium purpureum* (le lamier pourpre), *Lam. maculatum* (le lamier taché), *Teucrium Botrys*, *Thymus Chamædrys* (le serpolet).

Verbenacées.

Verbena officinalis (la verveine).

Primulacées.

Primula vulgaris (la primevère commune ou à grandes fleurs), *Primula elatior* (la primevère élevée), *Anagallis arvensis* (le mou-ron rouge).

Chénopodées, Polygonées, Euphorbiacées.

Chenopodium murale, *Rumex obtusifolius*, *Euphorbia Peplus*, *Mercurialis annua* et *perennis*.

Graminées.

Dactylis glomerata (le dactyle pelotonné ou aggloméré), *Poa annua* (le paturin annuel), *Bromus erectus* (le brome dressé), *Lolium italicum* (raygrass d'Italie).

En fleurs dans les jardins , en décembre 1888 et au commencement de janvier 1889.

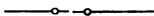
Nardosmia fragrans (Héliotrope d'hiver , Tussilage odorant). Il a fleuri à Lausanne vers le 15 décembre ; à Castagnola près Lugano, en 1886, les fleurs n'ont paru qu'en février ; à Lausanne, en 1887, au commencement de mars ; dans le Midi, il fleurit année moyenne en novembre.

Outre ce beau tussilage, on pouvait voir dans les jardins des environs de Lausanne : les giroflées, les soucis, les capucines, le laurier-tin (*Viburnum tinus*), plusieurs *Pelargonium*, des violettes et des pensées, des pieds-d'alouette, plusieurs *Aster*, plusieurs *Rosa*, le *Nigella damascena* (la Nigelle de Damas), le Réséda odorant, le cerfeuil (vulgo les herbettes, la saveur) et nombre d'autres dont il n'a pas été pris note.

Le nombre des plantes sauvages et des plantes d'ornement eût été sans doute beaucoup plus considérable, si l'exploration de nos environs s'était faite systématiquement.

Lausanne, février 1889.

L. FAVRAT.



ÉTUDE GÉOLOGIQUE
SUR
QUELQUES DÉPÔTS QUATERNAIRES FOSSILIFÈRES
DU CANTON DE VAUD

par H. SCHARDT, docteur ès-sciences.

Pl. VI et VII.

La présente étude a pour but de faire connaître trois formations d'âge quaternaire récent, soit postglaciaire ou peut-être interglaciaire, et appartenant à trois types tout à fait différents.

Il s'agit d'abord d'une couche de *craie lacustre*, découverte près de Nyon, sur la rive du lac Léman. Le second dépôt est un *limon argilo-sableux* qui surmonte, près de Nyon, la craie lacustre, ou se trouve directement superposé au terrain glaciaire. Ce limon jaune ou gris-jaunâtre et sa faune terrestre rappellent passablement certains dépôts des cantons de Berne et d'Argovie décrits sous le nom de *læss* et qu'il convient cependant de séparer du vrai *læss*. Enfin un troisième terrain, de composition essentiellement calcaire, se trouve près de Vallorbe sur les deux rives de l'Orbe, le long du parcours de petits ruisseaux à eaux calcaires.

CHAPITRE PREMIER

La craie lacustre de Nyon.

En 1886, mon ami E. Leroy me parla d'un terrain lacustre fossilifère existant sur plusieurs points dans le voisinage de la ville de Nyon et dans lequel lui et M. Charbonnier, instituteur à Nyon, avaient déjà recueilli un grand nombre de coquilles fossiles d'âge quaternaire. C'était pendant la session de la Société helvétique des sciences naturelles à Genève, et au retour de cette réunion, je visitai les dits gisements, en compagnie de MM. Leroy et Charbonnier. Je constatai à cette occasion qu'il y avait deux couches contenant des coquilles; l'une inférieure, la *craie lacustre* avec coquilles d'eau douce; l'autre plus élevée, le *limon argilo-sableux*, avec coquilles terrestres. Ces deux terrains, accompagnés de graviers charriés, le tout en stratification hori-

zontale, sont à découvert sur une grande longueur, le long de la rive du lac, coupée en forme de falaise de 10-12 mètres de hauteur et que le lac érode constamment par la base où affleure l'argile glaciaire.

Il y a deux affleurements ou stations, les deux au sud de la ville de Nyon. La première station, que nous nommerons station des *Tattes*, est entre l'embouchure du Boiron au sud-ouest de Nyon et le petit ruisseau de Colovray. On y arrive en descendant vers le lac, dès la route de Genève, à côté de la campagne Martin-Brunner (aux *Tattes*). La falaise tournée du côté du lac offre les deux couches mentionnées plus haut, la craie lacustre et le limon argilo-sableux. (Fig. 1.)

Un peu plus au sud-ouest, après avoir dépassé un petit promontoire, on se trouve en présence d'un des plus beaux exemples de falaise taillée dans des graviers et sables stratifiés. (Fig. 4.) Nous citerons cet endroit sous le nom de falaise de la *Potence*, c'est ainsi qu'on désigne la petite plaine au-dessus de la falaise.

La craie lacustre se retrouve dans le haut de la falaise au sud-ouest de la campagne de Colovray (nommée aussi *Tatiana*); ce gisement, que nous appellerons *Colovray*, permet de suivre la craie lacustre sur une bonne longueur.

J'ai exploré ces localités une seconde fois en 1887, de même qu'une station remarquable du limon argilo-sableux affleurant le long du cours du *Cordex* ou Promenthouse au-dessus de Nyon, excursion à laquelle prirent part MM. Charbonnier et Wellauer.

M. Charbonnier m'a encore mentionné plusieurs gisements mis à nu pendant des travaux de construction à Nyon même et dans le voisinage. Grâce au volumineux matériel que j'ai recueilli sur place et à celui que MM. Leroy et Charbonnier ont eu la bonté de m'abandonner, il m'a été possible de réunir une nombreuse collection des espèces contenues dans ces terrains. J'exprime ici à ces Messieurs ma vive reconnaissance pour leur précieux concours.

DESCRIPTION DES GISEMENTS

Gisement des Tattes. Au sud de la gravière des *Tattes*, la berge du lac forme une petite falaise haute de 8-9 mètres. L'aspect de ce gisement est représenté, pour la partie supérieure, dans le croquis fig. 1, fait d'après une photographie. On distingue dans cette falaise, du haut en bas, les couches suivantes (voir profil, fig. 2):

1. Terre végétale gazonnée.
2. Gravieres jaunes surtout calcaires et rarement cristallins ; aspect torrentiel 1^m—
3. Zone sableuse grise à la base 0^m15
4. *Limon argilo-sableux* gris-jaunâtre avec coquilles de mollusques terrestres ; rares galets 0^m40
 La couche suivante commence par une zone de gros galets que la photographie montre fort bien.
5. Gravieres de volume variable, distribués suivant leur grosseur en zones et cimentés partiellement en forme de poudingue 1^m—
6. *Craie lacustre* avec *Bythinia tentaculata* et *Planorbis complanatus* 0^m40
7. Galets et sables imparfaitement visibles sur environ 5 mètres jusqu'au lac.

En examinant ce profil, on ne tarde pas à reconnaître la différence des terrains qui s'y succèdent. Les *alternances de sables* et de *gravieres* (7), quoique imparfaitement visibles, ont évidemment été stratifiées par les eaux du lac, comme le sable du pied de la falaise de la Potence que nous allons examiner.

La *craie lacustre* est un dépôt tout à fait caractéristique ; elle doit avoir pris naissance dans une anse tranquille du lac, loin de tout mouvement des vagues ; on peut la considérer comme une précipitation formée dans des eaux calcaires, toujours alimentées par des ruisseaux calcaires à courant peu rapide. La faible épaisseur de ce dépôt indique une courte durée de ces conditions ; mais pendant ce laps de temps, des mollusques nombreux ont vécu dans ce fond tranquille, *Planorbes*, *Limnées*, *Paludines*, *Valvées*, etc. Immédiatement après, les gravieres de charriage ont recouvert la craie sur plus d'un mètre d'épaisseur.

Le limon *argilo-sableux*, dont nous reparlerons plus en détail, est une formation plutôt terrestre, ce qui ressort de sa stratification peu prononcée et de la présence *exclusive* de coquilles terrestres ; les gravieres charriés blancs qui le recouvrent sont essentiellement calcaires, empruntés aux roches erratiques du pied du Jura et amenés probablement par le Bôiron.

Avant d'avoir examiné les autres profils, je crus qu'aux Tattes il existait deux niveaux de *craie lacustre* ; on trouve, en effet, en descendant le long de la berge, du côté de la campagne Martin-

Brunner, un peu au-dessus du niveau du lac, un second affleurement de craie lacustre, de 2 mètres à 2^m. 50 en dessous de la première couche. Mais après l'avoir examinée de près, je me suis convaincu que c'était tout simplement une masse éboulée, provenant de la couche 6 et qui avait glissé tout d'une pièce par dessus le soubassement de sables en restant appliquée devant le front de ces couches. Des glissements analogues seront décrits plus tard au gisement de Colovray.

La craie lacustre n'a encore été reconnue sur aucun autre point du lac Léman. Sa découverte à Nyon est donc une constatation nouvelle. Même dans les dépôts actuels, elle paraît faire défaut, puisque les dragages effectués sur le littoral et dans les régions profondes n'en ont point ramené à la surface. Ce n'est donc que comme dépôt ancien et tout à fait local que ce terrain existe sur les rives du Léman.

Gisement de la Potence.

On peut facilement suivre la série de ces assises jusqu'à l'endroit nommé la Potence, où les couches fossilifères sont malheureusement cachées par les éboulis ou manquent tout à fait; par contre, les dépôts sableux en dessous de la couche N° 6 sont d'autant mieux découverts et peuvent se voir jusqu'au niveau du lac. (Fig. 4 et 6.)

D'après un profil relevé au promontoire formant l'angle entre la falaise de la Potence et celle des Tattes, on pourrait croire à l'absence totale de la couche de craie lacustre :

1. Terre végétale.
2. Gravier (couche N° 2 du profil des Tattes).
3. Limon argilo-sableux avec *Helix*, rares galets . . . 0^m60
4. Gravier sableux avec débris rouges (briques ??) . . . 0^m12
5. Limon fin gris et jaune 0^m25
6. Gravier terreux brun 0^m30
7. Gravier cimentés en poudingue par un ciment stalactitique calcaire 0^m60
8. Gravier fins cimentés en poudingue sur 20 à 30 centimètres 0^m70
9. Gravier grossiers non cimentés 1^m—
10. Zone ferrugineuse, galets jaunis.
11. Sable stratifié fin et bien lavé, jusqu'au niveau du lac, sur 2^m50

L'angle où ce profil a été relevé ayant peut-être subi des glissements, comme plusieurs autres endroits de cette falaise, il serait possible que la couche de craie lacustre ait été masquée par un mouvement des terrains supérieurs.

La falaise de la Potence est surtout remarquable par le beau développement des graviers et limons stratifiés par le lac à une époque où son niveau devait être de 8 à 10 mètres plus élevé. Dans le haut, les graviers agglutinés en poudingue forment ordinairement des corniches proéminentes au-dessus d'un talus produit par les graviers et des sables déliés. (Fig 4.) Les graviers du banc N° 9 sont légèrement en retrait sur les sables stratifiés de la base. Ceux-ci ont au plus haut degré l'aspect de sables déposés sur une plage couverte d'eau peu profonde. Leur disposition en strates régulières, nettement marquée sur la tranche entamée par les eaux, indique un tassement lent. Les graviers qui succèdent sont sans doute à attribuer à des alluvions d'un torrent ayant occupé l'emplacement actuel du Boiron; la couche fait certainement partie de l'ancien cône de déjection de ce ruisseau.

On suit sur 300 mètres environ cette falaise jusqu'à l'embouchure du ruisseau de Colovray. Sur ce parcours, la séparation entre les sables stratifiés et les graviers qui les surmontent reste très nette et apparaît fort bien sur les contreforts successifs que l'érosion a découpés sur cette partie de la berge.

Gisement de la campagne de Colovray.

Au sud de la campagne Colovray (Tatania), la craie lacustre se montre de nouveau sur une assez grande longueur; les graviers qui la surmontent au gisement des Tattes, manquent ici et la craie apparaît presque droit au-dessous du bord supérieur de la berge lacustre. On observe du haut en bas la coupe suivante : (Fig. 3.)

Terre végétale gazonnée.

1. Graviers calcaires blancs bien lavés, d'épaisseur et de grosseur variable. 1^m—
2. Craie lacustre blanche, remplie de *Valvées*, de *Limnées* et de *Planorbis* 1^m—
3. Couches de sable fin alternant avec quelques lits de graviers fins ou de sable plus grossier . . . 7-8^m—
4. Argile glaciaire plastique de couleur gris-bleu foncé, entremêlée de quelques cailloux striés; jusqu'au niveau du lac 2^m—

On voit qu'il y a une sensible différence entre ce profil et celui des Tattes. D'abord la craie lacustre est plus épaisse et elle repose directement sur le sable fin ; tandis que là, elle en est séparée par des graviers. Il y a donc quelques probabilités que la couche ne soit pas la même.

La faune aussi n'est pas tout à fait la même dans ces deux gisements. Tandis qu'aux Tattes, les fossiles les plus fréquents sont *Planorbis complanatus* et *Bythinia tentaculata*, à Colovray ce sont les *Limnées* (*L. auricularia* et *L. palustris*) avec *Valvata piscinalis* et *Planorbis spirorbis* qui sont les plus fréquents des fossiles : les deux fossiles qui abondent dans le premier gisement sont ici relativement rares ; ce gisement forme donc, au point de vue de la vie organique, une province distincte de celle des Tattes.

La présence de l'argile glaciaire en dessous du sable perméable à l'eau qui supporte la craie lacustre, a produit sur cette berge une série de glissements ; la route, qui passe à une faible distance en dessus, a même été entraînée dans ce mouvement, et pour la consolider, il a fallu creuser un profond fossé de drainage de chaque côté, afin d'en éloigner les eaux d'infiltration et l'isoler du terrain en mouvement ; les entailles faites dans ce but ont coupé, paraît-il, les mêmes terrains que ceux que nous avons énumérés du côté du lac. Ce qu'il y a de plus remarquable, ce sont des bandes de terrains, formées de sables, craie lacustre et graviers, qui se sont détachées suivant des coupures parallèles à la rive et ont glissé sur le talus argileux, en se renversant peu à peu ; ainsi échelonnées, elles paraissent former autant d'alternances de craie lacustre, de gravier et de sable, inclinées d'environ 45° du côté de la terre. La figure 3 représente, sous une forme un peu schématisée, ces singuliers glissements qui ont peut-être été l'objet de nouveaux mouvements depuis que j'en ai relevé la disposition approximative.

En 1886, M. Charbonnier a découvert une couche de craie lacustre dans la ville de Nyon même, à l'occasion d'une fouille faite pour une construction ; cet affleurement, invisible maintenant, lui a fourni des *Planorbis* et des *Valvata piscinalis*.

Composition de la craie lacustre de Nyon.

La craie lacustre examinée paraît en tout point identique à celle des autres lacs de la Suisse. M. Kaufmann¹ a étudié spé-

¹ F.-J. KAUFMANN. Beiträge z. geol. Karte der Schweiz. XI. Rigi und Molasse-Gebiet, p. 351, etc.; p. 432.

cialement la craie lacustre de certains lacs du plateau, espérant retrouver dans l'étude de leur composition et de leur ordre de formation, des indices sur l'origine des calcaires d'eau douce miocènes. Selon les analyses de M. Stierlin, publiées par M. Kaufmann, la craie lacustre renferme jusqu'à 94 % de carbonate de chaux et de magnésie; cette dernière ne dépasse jamais 2 %. On peut donc considérer cette roche comme étant essentiellement formée de carbonate de chaux.

M. Kaufmann conclut, d'après l'examen microscopique et une série d'intéressantes expériences, que la craie lacustre doit être considérée comme le produit d'une précipitation chimique formée dans des eaux calcaires. Examiné sous le microscope, ce limon extrêmement fin se montre composé de grains ou molécules transparents arrondis, mais qui ont néanmoins une texture cristalline, ainsi que le prouve leur transparence dans la lumière polarisée. La craie lacustre de Nyon ne fait pas exception. J'ai fait les mêmes observations, en étudiant à la lumière polarisée les propriétés de la craie lacustre de Nyon délayée dans de l'eau. Ces grains de 0.004^{mm} de diamètre ne peuvent être que du carbonate de chaux; l'absence totale, dans les échantillons examinés, de diatomées et de coquilles triturées de mollusques, parle aussi en faveur d'une origine hydrochimique.

La craie lacustre de Nyon se compose, d'après un échantillon du gisement de Colovray, de :

97.3 % de matière soluble dans l'acide chlorhydrique dilué et de 2.7 % de matière insoluble¹. Il paraît donc fort probable que le carbonate de chaux en est le principal composant.

Un second échantillon provenant des Tattes a donné :

Partie soluble dans HCl 92.2 % et résidu insoluble 7.80 %.

Une analyse complète donnerait des renseignements plus exacts; cette simple détermination permet cependant de se faire une idée assez juste de la proportion du carbonate de chaux (partie soluble) et de la matière argileuse et siliceuse, y compris l'oxyde de fer, qui se trouvent presque entièrement dans le résidu insoluble.

Faune de la craie lacustre.

Les fossiles sont contenus en grand nombre dans ce limon crayeux fin et s'en détachent assez facilement; il suffit de dé-

¹ Cette détermination, ainsi que celles mentionnées par la suite, ont été faites par M. E. Schmidt, pharmacien, à Montreux, à qui j'exprime ma vive reconnaissance pour son extrême complaisance.

layer les morceaux de craie dans de l'eau ; bon nombre de coquilles viennent surnager à la surface ; mais les petites espèces, les Planorbes et les petites Valvata, ainsi que les bivalves restent au fond ; en recevant le limon délayé sur un tamis fin, on peut facilement isoler les coquilles sans les toucher et faire le triage au moyen d'une pincette assez élastique pour ne pas les écraser. C'est selon ce procédé que j'ai recueilli tous les fossiles du limon argilo-sableux ainsi que du limon calcaire de Vallorbe et de Territet. J'ai déjà rappelé la différence entre les deux gisements de craie lacustre ; cette différence ressort encore de la liste suivante ¹ :

- Succina putris*, Lin. — Colovray, un exemplaire jeune, *rr*.
Limnæa auricularia, Lin. — Colovray, *cc*.
 » *truncatula*, Mull. — Colovray, *r*.
 » *palustris*, Mull. — Colovray, *r*.
Bythinia tentaculata, Lin. — Tattes, *cc*. Colovray, *r* (jeune).
Valvata piscinalis, Mull. — Colovray, *cc*.
Planorbis spirorbis, Lin. — Colovray, *cc*.
 » *nautileus*, Lin. — Colovray, *ac*.
 » *complanatus*, Lin. — Tattes, *cc*. Colovray, *r*.
Pisidium Cazertanum, Poli (*P. cinereum*, Ald.). — Colovray, *c*.
 » *obtusale*, Pfeiff. — Colovray, *ac*.
Cypris sp. Une valve. — Colovray.

Tous ces fossiles sont généralement bien conservés et presque uniformément répandus dans le limon. Il est assez remarquable de constater l'absence de *Limnæa stagnalia* et des *Unio* et *Anodonta*.

CHAPITRE II.

Le limon argilo-sableux ou loess de Nyon.

C'est pour la première fois aussi que nous signalons ce terrain dans le canton de Vaud. Au premier abord il ne nous paraissait être qu'une simple interstratification de limon entre les graviers de charriage formant la berge lacustre ; mais en l'étudiant de plus près, surtout au point de vue de sa faune, formée exclusivement de coquilles terrestres, nous reconnûmes dans ce carac-

¹ *cc* = très commun ; *c* = commun ; *ac* = assez commun ; *r* = rare ; *rr* = très rare. Ces indications correspondent à peu près à la fréquence absolue, le matériel examiné ayant été soumis à la lévigation sans triage préalable.

tère et dans l'absence de stratification nette, qui est pourtant un caractère bien constant dans les limons lacustres, que ce terrain devait son existence à des conditions particulières et qu'il offrait notamment certaines analogies avec des dépôts argilo-sableux, décrits sous le nom de *Löss* dans les cantons de Berne et d'Argovie par MM. Mühlberg, Baltzer, etc.

M. Fr. Jenny¹ vient de publier une étude très complète sur ce sujet, démontrant que bon nombre des sédiments décrits par M. Baltzer sous le nom de *Löss*, sont certainement d'origine différente du *löss* de la vallée du Rhin.

LIMON ARGILO-SABLEUX DES TATTES

On a vu, dans le chapitre précédent, que le profil de la falaise quaternaire des Tattes, près Nyon, présente à environ 7 mètres au-dessus du niveau du lac une couche de limon argilo-sableux et calcaire gris-jaunâtre, renfermant de nombreuses coquilles terrestres. Cette couche, de 40 centimètres d'épaisseur, est superposée à un lit de gravier grossier, en partie cimenté en poudingue; des graviers de charriage torrentiel la recouvrent sur un mètre d'épaisseur. Le grain de ce limon est plus grossier que celui du *löss* typique de la vallée du Rhin; il est également différent des formations semblables à du *löss* (*Loessähnliche Bildungen*) de Kehrsatz, Wyl, etc., près Berne, décrites par M. Baltzer², car les poupées de *löss*, ainsi que les interstratifications de tuf y font défaut. Ce limon non stratifié ou à stratification presque effacée, accusée seulement par de faibles variations de teinte, est un sablon fin argilo-calcaire, dans lequel le quartz prédomine de beaucoup. Des ramifications creuses (racines de végétaux) le traversent et les coquilles terrestres qu'il contient sont disséminées dans la masse *sans le moindre triage*.

La faible épaisseur de ce terrain ne le caractérise pas comme une formation de grande importance, tandis que son interstratification à des graviers charriés (terrain glaciaire remanié) et aux alluvions torrentiels du Boiron ne permet pas non plus de n'y voir qu'une formation tout à fait locale. M. Charbonnier l'a retrouvé, du reste, avec des caractères identiques, à une assez

¹ D^r F. JENNY. *Loess und lössähnliche Bildungen. Mitth. naturf. Gesellsch. Berne*, 1889.

² BALTZER *Mittheil. naturf. Gesellsch. Berne*, 1885, p. 26; 1886, p. 11. 1887. *Archives*, 1885, XIV, 240. Voir *Revue géologique*, 1885 et 1886.

grande distance de ce point sur la rive gauche du Boiron, près de la Morâche, non loin de la gare de Nyon, ce qui indique l'extension de ce dépôt dans tout le cône de déjection du Boiron; je dois à M. Charbonnier la communication du profil qu'il a observé sur ce point, actuellement invisible.

Cet affleurement offrait :

1. Terre végétale.
2. Limon argilo-sableux avec coquilles terrestres . . . 0^m.20
3. Sablon avec graviers. 0^m.50
4. Terre glaise, soit argile glaciaire ?

D'après la description de M. Charbonnier, la couche N° 2 ne peut être autre chose que notre lœss argilo-sableux. J'aurais désiré m'en assurer par les coquilles qu'elle contient; mais je n'ai pas pu m'en procurer.

Composition du limon des Tattes.

Le microscope permet facilement de distinguer dans ce limon les grains anguleux ou plus ou moins arrondis de quartz, entremêlés de parcelles opaques de matière argileuse et ferrugineuse. Les substances solubles dans l'acide chlorhydrique dilué atteignent 38.35 %, le résidu insoluble argileux et siliceux 61.65 %. La partie soluble contient tout le carbonate de chaux, une partie du fer, de la silice et de l'alumine.

Faune du limon argilo-sableux des Tattes.

Les deux affleurements aux Tattes et à l'angle de la Potence m'ont fourni la faunule suivante :

- Pomatias maculatus*, Drap. — rr.
Carychium minimum, Mull. — r.
Acicula (*Cæcilianella*) *acicula*, Mull. — rr.
Clausilia spec. (fragment).
Zua lubrica, Mull. — r.
Bulimus obscurus, Mull. — c.
 » (*Chondrula*) *quadridens*, Mull. — r.
Helix arbustorum, Lin. — c.
 » *lapicida*, Lin. — r.
 » *pulchella*, Drap. — r.
 » *nemoralis*, Lin. — c, unicolor, 5 fasciata.
 » *pomatia*, Lin. — r.

- Helix fruticum*, Mull. — c.
 » *strigella*, Drap. — cc.
 » *sericea*, Drap. — ac.
 » *hispida*, Lin. — r.
 » *obvoluta*, Mull. — c.
Patula rotundata, Mull. — c.
Hyalina nitens, Boul. — c.
 » *cellaria*, Drap. — r.
Unio Batavus, Nills. — Un seul exemplaire complet, trouvé par M. Charbonnier.

GISEMENTS DU CORDEX

M. Charbonnier m'a signalé ce gisement en 1886. Il se trouve près du pont du Cordex sur Nyon, au bord du ruisseau du Cordex, qui prend plus loin le nom de Promenthouse. J'ai recueilli dans cette localité une grande quantité de coquilles et d'échantillons de terrain. On peut suivre cette couche le long du ruisseau, dès le pont du Cordex (464 m.) jusqu'au pont de la route de Coinsins à Duillier (443 m.). La pente de la couche est parallèle à celle du ruisseau; son épaisseur varie de 1^m à 2^m.50. Comme aux Tattes, c'est un limon fin, essentiellement siliceux, avec une certaine teneur en argile et en carbonate de chaux. Partie soluble dans l'acide chlorhydrique, 36,6 %; résidu insoluble, 63,4 %. Il est homogène, mais mêlé vers la base d'une forte proportion de graviers. La couche graveleuse repose elle-même directement sur l'argile glaciaire bien caractérisée, argile plastique grise avec cailloux striés et polis. Au-dessus du limon sableux vient une certaine épaisseur de graviers charriés, anciens alluvions de la Promenthouse; ce sont des graviers blancs bien lavés et essentiellement calcaires.

Dans son aspect, ce limon est moins fin que le lœss; il s'en rapproche cependant beaucoup par sa couleur et surtout par les coquilles qu'il renferme et qui s'accordent passablement avec celle du lœss typique; ce sont :

- Carychium minimum*, Mull. — r.
Pupa (Vertigo) antivertigo, Drap. — rr.
Zua lubrica, Mull. — ac.
Succina putris, Lin. — c.
 » *oblonga*, Drap. — cc.
Clausilia bidens, Lin. — r.

Helix arbustorum, Lin. — c.

» *pulchella*, Drap. — ac.

» *nemoralis*, Lin. — c.

» *pomatia*, Lin. — r.

» *fruticum*, Mull. — c.

» *sericea*, Mull. — cc.

» *candidula*, Stud. — c.

Hyalina nitens, Gmel. — ac.

» *nitida*, Mull. — r.

Les espèces les plus abondantes sont *Helix sericea*, qui remplit littéralement certaines parties de ce limon, puis, *Helix nemoralis*, *H. arbustorum*, *Zua lubrica* et *Succina putris*; par sa faune, ce terrain a donc quelque analogie avec le lœss, mais par sa composition, il est trop siliceux et a un grain moins fin et moins uniforme que ce dernier.

L'origine de ce limon ressort clairement des caractères stratigraphiques des gisements étudiés et de la faune qu'ils contiennent. Reposant sur de l'argile glaciaire, ce terrain doit être post-glaciaire ou interglaciaire; cette dernière alternative est encore possible, si l'on admet qu'il s'est formé pendant le retrait des glaciers du pied du Jura. Les matériaux qui le composent ont sans doute été empruntés aux dépôts glaciaires du voisinage, soit du pied du Jura, où ils ont une grande extension.

Les graviers charriés qui sont mêlés au limon vers sa base, au contact avec l'argile glaciaire, indiquent le transport par des eaux, quoique la stratification soit fort peu apparente pour le reste de la couche fossilifère. Il est donc tout indiqué de voir dans ce limon un dépôt produit par un cours d'eau, ayant suivi à peu près le parcours de la rivière du Cordex; pendant une période de grande crue, les eaux limoneuses de cette rivière ont pu se répandre dans la petite plaine entre Coinsins et Duillier, région qui renferme encore maintenant, dans la partie basse, les marais de Nantouse. L'inclinaison de cette plaine et le voisinage immédiat du cours d'eau qui a engendré le dépôt de limon expliquent le grain relativement grossier de ce dernier.

Le lœss typique, dont il est du reste loin d'atteindre la puissance et l'extension, mais dont il se rapproche par sa faune, a un grain plus fin, mais n'en diffère pas quant au mode d'apparition. Notre limon argilo-sableux calcaire de Nyon et du Cordex est, comme le lœss de la vallée du Rhin, un limon de colmatage

naturel¹, formé pendant des inondations (Hochwasserschlamm). Sa faune, *exclusivement* terrestre, en est une preuve irrécusable. Dans la vallée du Rhin, la différence de niveau entre les gisements inférieurs et supérieurs du loess atteint parfois 150 mètres, et pour s'expliquer cette grande extension verticale, il faut placer le commencement de sa formation à une époque où la vallée n'était pas encore complètement creusée. Le limon du Cordex n'a que 2^m50 d'épaisseur et une extension verticale constatée de 20-30^m; il représente une formation de courte durée et ne s'étend que sur la partie inférieure et moyenne du parcours d'une petite rivière. Mais ses caractères spéciaux et sa faune font de cette formation un terrain qui est, en petit, l'analogue du loess du Rhin.

Il se peut fort bien que la hausse et le débordement de l'ancien Cordex aient été causés par la fonte rapide des glaces dans le Jura, à quoi pouvait encore contribuer l'existence d'un barrage glaciaire à la partie inférieure du cours d'eau; cela placerait notre dépôt dans la période de retrait des glaciers. Plus tard, le limon déposé fut recouvert par des graviers charriés par le même torrent, et ce dernier, en approfondissant son lit, a mis à découvert le dépôt formé antérieurement.

Il ne me semble pas qu'il y ait lieu d'admettre une connexion directe entre le limon argilo-sableux des Tattes et celui du Cordex. Puisque le premier apparaît dans le delta du Boiron, il se pourrait bien qu'on découvrit le prolongement du dépôt du Cordex dans le large delta de la Promenthouse.

Etant donné le caractère pétrographique passablement différent de celui du loess typique de la vallée du Rhin et que d'autre part ce terrain, quant à son mode de formation et à sa nature pétrographique et stratigraphique, n'a rien de commun avec les gisements de loess du canton de Berne, qui sont un produit de ruissellement lent, caractérisé surtout par des alternances de limons argilo-sableux et des tufs, nous conservons à notre dépôt le nom de *limon argilo-sableux* à coquilles terrestres, mais en rappelant que par sa faune et son mode de formation, il est analogue au loess typique et s'en rapproche davantage que le loess bernois (Loessähnliche Gebilde).

¹ A moins que ce dernier ne soit, comme le prétend la théorie de Richthofen et comme plusieurs géologues le soutiennent encore, une *formation éolienne*, ce qui n'est pas impossible. On pourrait peut-être admettre aussi ce mode de formation pour notre limon des Tattes et du Cordex, vu la forte inclinaison de la couche (20 ‰).

CHAPITRE III

Le limon calcaire crayeux.

Ce terrain est peut-être bien plus fréquent et plus répandu qu'on ne le croit d'habitude. Nous l'avons observé jusqu'à présent sur deux points près de Vallorbe et sur un troisième près de Territet. Le caractère de cette roche est partout le même. Pris à quelque profondeur, il se présente ordinairement sous forme d'une terre plastique blanche ou un peu grisâtre qui prend, en se durcissant, un aspect crayeux, semblable au limon décrit plus haut sous le nom de *craie lacustre*; ce limon crayeux renferme une multitude de coquilles en majorité terrestres; les coquilles d'eau douce ne se trouvent que par places et sont très rares.

GISEMENT DE VALLORBE

Je fus rendu attentif à ce terrain par M. Matthey, instituteur à Vallorbe, qui m'avait conduit, au printemps 1886, au principal gisement appelé *la Californie* et situé sur la rive gauche de l'Orbe, en dessous de la route de Ballaigues et en amont du viaduc du chemin de fer. Je découvris là quelques *Helix* et je pris plusieurs échantillons du terrain en question. Plus tard, le fils de M. Matthey me remit une collection de coquilles provenant de ce même gisement et comprenant environ 20 espèces de coquilles terrestres et d'eau douce. Cette collection avait été déterminée par M. de Loriol. Vivement intéressé par cette communication, je retournai à Vallorbe en avril 1887. Je trouvai alors que le limon calcaire crayeux paraissait former une nappe assez uniforme à la surface du petit plateau de la Californie, terminé du côté de l'Orbe par un abrupt. Il est le mieux visible sur le parcours d'un petit fossé, en dessous d'une source captée. L'épaisseur semble atteindre par places 1-2 mètres. C'est sans doute à l'eau de la dite source et à d'autres encore qu'il faut attribuer ce dépôt qui se forme encore et a commencé à se former à une époque assez ancienne. Il n'y a pas de dépôt de tuf dans le voisinage, mais en admettant qu'avant d'être captée l'eau de la source se répandait librement dans le sol en partie recouvert de gazon, elle pouvait, en certaines circonstances, se dépouiller de son carbonate de chaux, en le déposant à l'état de précipité limoneux. On ne s'explique pas bien pourquoi la matière calcaire se déposerait plutôt sous forme de limon plas-

tique et non comme dépôt tufeux concrétionné. Il faut admettre un certain procédé de ruissellement, en supposant que l'eau, en coulant à la surface du sol et autour des racines des végétaux, dépose le carbonate de chaux, sans que celui-ci puisse prendre de la consistance.

On trouve dans le gisement de la Californie une quantité très remarquable de coquilles terrestres. Pour les recueillir, je me suis procuré une quantité suffisante de matière propre à servir à la lévigation, car la plupart des coquilles appartiennent à de petites espèces; mais les grandes espèces elles-mêmes s'obtiennent aussi en meilleur état en lévignant le terrain qui se délaie facilement dans l'eau.

Je crus pouvoir supposer, pendant un moment, l'existence d'une nappe d'eau ou d'un lac temporaire formé par suite de l'obstruction du lit de l'Orbe et dans ce cas on aurait dû retrouver le même dépôt sur l'autre rive de l'Orbe. Cette rive, beaucoup plus basse que le plateau de la Californie et un peu plus inclinée, m'offrit en effet, sur plusieurs points, des affleurements de terrains limoneux tout à fait semblables au premier. Plusieurs ruisseaux sillonnent ici la pente pour se réunir à l'Orbe; or, j'ai constaté le long du lit de chacun de ces petits filets d'eau, partout où le lit était un peu encaissé, que sous le gazon se trouvait le même dépôt limoneux blanc, un peu moins pur que sur la rive opposée et mêlé de terre et de débris végétaux, mais tout aussi riche en coquilles de mollusques terrestres, les mêmes espèces qu'au premier gisement; la différence de niveau entre les dépôts sur les deux rives, l'absence de stratification horizontale, l'inclinaison du dépôt qui est parallèle à la pente et l'excellente conservation des coquilles excluent, à la fois, la supposition d'un lac et celle d'un charriage prolongé.

Nous avons là affaire à un dépôt formé sur place, par suite d'un ruissellement lent d'eaux limpides déposant une notable quantité de carbonate de chaux, à l'état de précipité fort ressemblant à un limon plastique. Cette précipitation se fait au fur et à mesure de la pénétration de l'eau dans le sol végétal. Les coquilles contenues dans ce terrain sont celles des mollusques vivant précisément dans les gazons humides. Leur entraînement dans le dépôt et leur inclusion dans un état parfait de conservation, ne supposent conséquemment aucun transport lointain; comme preuve, il suffit de rappeler qu'on y trouve des coquilles du genre *Vitrina* qui ne sont aucunement endommagées.

Composition du limon calcaire crayeux.

Ce terrain rappelle au plus haut degré la craie lacustre, par sa nature pétrographique, son toucher et, comme nous le verrons à l'instant, par sa composition. N'étaient les coquilles terrestres, et les tubes ou perforations ramifiées, dues aux racines des végétaux, on prendrait ce terrain pour un dépôt de craie lacustre; la position des gisements ne permet pas de commettre cette erreur.

Pour m'expliquer cette grande ressemblance entre deux terrains tout à fait différents, j'ai comparé sous le microscope des échantillons de notre limon calcaire avec de la craie lacustre. L'identité de composition est complète! Comme la craie lacustre (voir plus haut), le limon calcaire de Vallorbe se compose de grains extrêmement petits, transparents et arrondis, qui paraissent isolés ou groupés irrégulièrement. Ce sont des molécules de carbonate de chaux à l'état cristallin, comme le montrent leurs propriétés optiques par rapport à la lumière polarisée.

La composition chimique est plus que surprenante. M. E. Schmidt, pharmacien, a bien voulu faire une analyse complète de ce minéral et a trouvé dans la roche séchée à 100° :

Oxyde de chaux	49.90
Oxyde ferrique et alumine	3.20
Acide silicique	1.79
» carbonique	38.68
Humidité et matières organiques	5.38
Perte et substances non dosées	1.05
	100.00

Perte par calcination 43.95 %. (Acide carbonique, humidité et matières organiques.)

En calculant l'équivalent d'oxyde de calcium pour 38.68 d'acide carbonique, on trouve 49.50, chiffre qui correspond presque exactement au résultat de l'analyse; le carbonate de chaux et l'acide carbonique étaient conséquemment combinés à l'état de carbonate de chaux, soit dans une proportion de 88.18 %; ou bien, si l'on calcule l'équivalent d'acide carbonique proportionnellement à la quantité d'oxyde de calcium (49.90 %), on obtiendrait 89.1 % de carbonate de chaux. On peut donc admettre pour l'échantillon analysé une teneur de 88,5 de carbonate de chaux en moyenne. Les autres substances sont presque entière-

ment solubles dans l'acide chlorhydrique, car une quantité du même échantillon séchée à 100° C. n'a laissé que 1.50 % de résidu insoluble.

La craie lacustre renferme habituellement la même proportion de carbonate de chaux, d'oxyde de fer et d'alumine.

Il est donc démontré par cette concordance de la composition chimique et de la texture microscopique que le dépôt calcaire de Vallorbe est de même nature que la craie lacustre, mais formé dans d'autres conditions. Les deux terrains sont le produit d'une précipitation de carbonate de chaux à l'état de particules microcristallines arrondies. Tandis que la craie lacustre se précipite au milieu d'une nappe d'eau tranquille par l'abandon de l'acide carbonique du bicarbonate dissous, le dépôt calcaire de Vallorbe se forme pendant le ruissellement de l'eau de sources à travers la nappe végétale. La fossilisation des mollusques qu'il contient a donc lieu sur place sans aucun charriage.

Faune du limon calcaire crayeux.

Les nombreuses coquilles recueillies dans cet intéressant terrain ont été obtenues par un procédé de lévigation, assurant à la fois le plus grand nombre d'individus et leur proportion réelle par rapport à un volume donné de la roche. J'ai soumis à la lévigation, sans autre triage, une certaine quantité du terrain pris sur place.

J'ai réuni de cette manière les espèces suivantes :

- Acme fusca*, Walk. — ac.
- Pomatias maculatum*, Drap. — c.
- Carychium minimum*, Mull. — cc.
- Cæcilianella acicula*, Mull. — r.
- Succina Pfeifferi*, Drap. — r.
- » *oblonga*, Drap. — r.
- Clausilia ventricosa*, Drap. — r.
- » *plicatula*, Drap. — r.
- Pupa dolium*, Drap. (jeunes ?). — ac.
- Vertigo pusilla*, Mull. — r.
- » *pygmæa*, Drap. — r.
- Isthmia (Pupa) edentula*, Drap. — r.
- Zua lubrica*, Mull. — c.
- Bulimus montanus*, Drap. — c.
- » *tridens*, Mull. (jeunes ?) — c.

Helix obvoluta, Mull. — *c.*

» *personata*, Lam. — *ac.*

» *depilata*, Drap. — *ac.*

» *arbustorum*, Lin. — *cc.*

» *lapicida*, Lin. — *r.*

» *pulchella*, Drap. — *r.*

» *nemoralis*, Lin., var. *trifasciata*. — *r.*

» *sylvatica*, Drap. — *c.*

» *hortensis*, Mull. — *ac.*

» *pomatia*, Lin. — *r.*

» *sericea*, Drap. — *r.*

» *villosa*, Drap. — *c.*

» *candidula*, Stud. — *r.*

» *ericetorum*, Mull. — *r.*

Patula rotundata, Mull. — *cc.*

» *runderata*, Stud. — *r.*

Punctum pygmæum, Drap. — *rr.*

Hyalina fulva, Mull. — *r.*

» *nitens*, Gmel. — *cc.*

» *cellaria*, Mull. — *r.*

» *cristallina*, Mull. — *cc.*

Vitrina elongata, Drap. — *r.*

Le gisement exploré par moi et dont j'ai recueilli les fossiles, ne m'a fourni que les espèces ci-dessus, toutes terrestres. La collection qui m'a été communiquée par M. Matthey, renferme cependant trois espèces d'eau douce, indiquées comme provenant également de ce gisement ; elles ont, sans doute, été recueillies sur un point un peu différent, où a existé autrefois une mare ; ce sont :

Limnæa truncatula, Mull.

» *peregra*, Drap.

Pisidium cinereum, Ald. (*P. Cazertanum*, Poli.)

GISEMENTS SUR LA RIVE DROITE DE L'ORBE A VALLORBE

Ces gisements ont été observés le long de plusieurs ruisseaux se réunissant à l'Orbe après avoir traversé le flanc peu incliné de la vallée. J'y ai recueilli une certaine quantité de limon crayeux, d'où j'ai tiré les fossiles suivants :

Acme fusca, Walk. — *c.*

Carychium minimum, Mull. — *cc.*

- Vertigo antivertigo*, Drap. — *ac.*
Isthmia (Pupa) edentula, Drap. — *r.*
Zua lubrica, Mull. — *c.*
Bulinus montanus, Drap. — *r.*
Helix villosa, Drap. — *r.*
 » *depilata*, Drap. — *ac.*
 » *arbustorum*, Lin. — *c.*
 » *sylvatica*, Drap. — *c.*
Patula rotundata, Mull. — *c.*
Hyalina nitens, Gmel. — *c.*
 » *cristallina*, Mull. — *cc.*
 » *fulva*, Mull. — *r.*
Vitrina elongata, Drap. — *r.*

De tous les fossiles de ces deux gisements, les plus abondants sont : *Hyalina cristallina*, *Hyalina nitens* et *Carychium minimum*, qui s'y trouvent à profusion ; *Helix obvoluta*, *H. arbustorum*, *H. depilata*, *Patula rotundata* et *Zua lubrica*, etc., viennent ensuite, mais sont d'une fréquence moyenne. On voit, d'après ces deux listes, que ces fossiles sont tous des espèces encore vivantes ; ce sont des mollusques que l'on trouve habituellement dans les prairies, au pied des graminées, sur les herbes ou cachés sous les débris végétaux, les pierres, etc., couvrant le sol.

L'*Helix arbustorum* appartient à la grande espèce des régions inférieures ; je n'ai pas observé la variété alpicole, si commune dans les régions supérieures du Jura. Le seul fossile pouvant faire supposer à une formation datant d'une époque antérieure à l'époque actuelle, est le *Patula ruderata* qui ne vit que dans les régions élevées du Jura et dans les Alpes. Son existence dans la faune vivante des environs de Vallorbe est douteuse ; mais il ne s'agit ici que d'un seul exemplaire.

LIMON CALCAIRE CRAYEUX DE TERRITET

Sur l'emplacement où s'élève maintenant le Grand-Hôtel, les fouilles faites pour les fondations de ce bâtiment ont mis à découvert sous les éboulis calcaires et une ancienne couche de terreau, une épaisseur d'environ 0^m60 de terrain pâteux calcaire, crayeux, à l'état sec. Il reposait sur des graviers glaciaires inclinés vers le lac. Ce terrain avait la forme d'une nappe déposée à la surface du terrain glaciaire. Avant d'être recouvert d'éboulis, ce terrain était donc dans les mêmes conditions que celui de

Vallorbe, ainsi que l'atteste la présence d'une ancienne terre avec traces de végétation en dessus. L'inclinaison est cependant sensiblement plus forte qu'à Vallorbe.

La *composition* est un peu différente de celle du limon calcaire de Vallorbe. Il y a d'abord une légère différence dans la texture; le limon de Territet est rempli de grains durs, qui sont des concrétions tufeuses. La quantité de carbonate de chaux est moins considérable et n'atteint que 62.80 %; il y a près de 10 % de matières organiques et d'humidité.

Je reconnus de suite que ce terrain avait une analogie frappante avec le gisement observé précédemment à Vallorbe; comme là, je découvris de suite des *Helix* (*H. arbustorum* et *H. nemoralis*), des *Bulimes* et de nombreuses autres espèces plus petites. Le groupement et la fréquence des espèces concordent également avec la faune de Vallorbe.

Voici les espèces que j'ai pu recueillir :

Acme fusca, Walk. — *ac.*

Carychium minimum, Mull. — *cc.*

Pupa doliolum, Drap. — *ac.*

Vertigo Venetzi, Charp. — *r.*

Bulimus montanus, Drap. — *r.*

Helix obvoluta, Mull. — *c.*

» *personata*, Lam. — *r.*

» *nemoralis*, Lin. — *ac.*

Patula rotundata, Mull. — *cc.*

Hyalina cellaria, Mull. — *c.*

» *nitens*, Gmel. — *c.*

» *cristallina*, Mull. — *c.*

Limnæa truncatula, Mull. — *ac.*



Fig. 1. Falaise quaternaire aux Tattes.

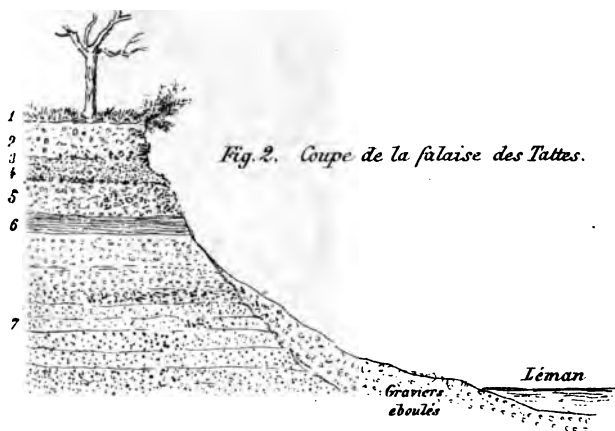


Fig. 2. Coupe de la falaise des Tattes.

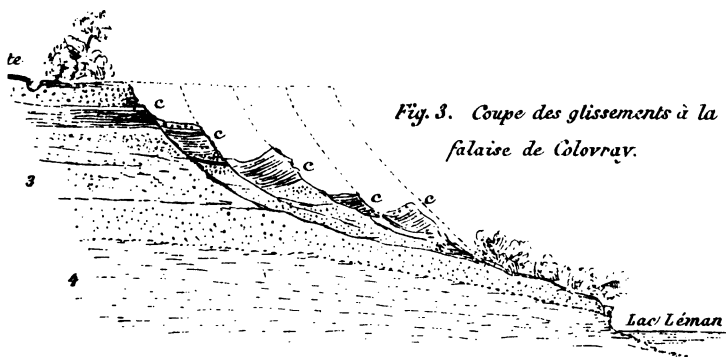


Fig. 3. Coupe des glissements à la falaise de Colovray.

11-11-11

11-11-11

11-11-11

11-11-11

11-11-11

11-11-11

11-11-11

11-11-11

11-11-11

11-11-11

11-11-11

11-11-11

11-11-11

11-11-11



Fig. 4. Falaises dans les terrains quaternaires à la Potence, près Nyon.

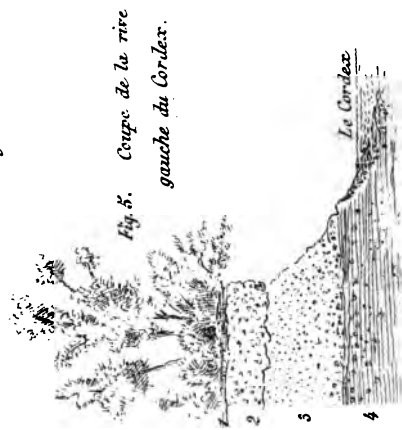


Fig. 5. Coupe de la rive gauche du Cordex.



Fig. 6. Coupe de la falaise de la Potence, entre A et B.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à la Station météorologique du Champ-de-l'Air,

INSTITUT AGRICOLE DE LAUSANNE

II^e ANNÉE, 1888.XV^e année des observations météorologiques de Lausanne.

TABLEAUX

rédigés par **Henri DUFOUR**, prof., chef du service météorologique.Observateur : **D. VALET**.

Les observations météorologiques ont été faites au Champ-de-l'Air, pendant l'année 1888, avec les mêmes instruments et de la même manière qu'en 1887. Les résultats de ces observations sont consignés dans les tableaux complets des pages 106 à 129; nous les avons précédé seulement d'un court résumé des caractères climatiques de l'année.

Température.

L'année 1888 est encore une année froide; la température moyenne de 8^h31 est de 0.8 inférieure à la température normale à l'altitude du Champ-de-l'Air. Sept mois ont une température inférieure à la normale, comme le montrent les chiffres suivants :

MOIS	Moyenne 1874-86 réduite au niveau du Ch.-de-l'Air.	ANNÉE 1888	DIFFÉRENCE
Janvier	+ 0.06	— 1.6	— 1.6
Février	2.32	— 0.7	— 3.0
Mars	4.64	+ 3.0	— 1.6
Avril	8.79	6.6	— 1.2
Mai	12.19	14.7	+ 2.5
Juin	15.99	17.0	+ 1.0
Juillet	18.39	15.7	— 2.7
août	17.91	16.5	— 1.4
Septembre	14.46	15.3	+ 0.9
Octobre	9.25	6.7	— 2.6
Novembre	4.47	5.3	+ 0.9
Décembre	0.85	1.3	+ 0.45
Moyenne	+ 9.11	+ 8.31	

Le maximum absolu de 30° a lieu le 5 juin et le 15 août
 minimum absolu, — 12°1, le 31 janvier. — Le jour le plus c
 l'année est le 4 juin, avec une température moyenne de
 iour le plus froid est le 30 janvier, avec une température n
 de — 8°0. — Il y a eu dans l'année 11 jours très froids (m
 au-dessous de zéro) et 86 jours froids (minimum au-des
 zéro).

La première gelée a eu lieu le 20 octobre, et la der
 12 avril.

Quoique l'année 1888 soit une année froide, elle l'est j
 moins que l'année 1887, dont la température atteignait se
 8°1. Les mois de février, juillet et octobre s'écartent beau
 la normale; le mois de mai est le seul qui présente une t
 anomalie positive de 2°5.

Pression atmosphérique. — La pression barométrique
 est de 713^{mm}, c'est-à-dire presque égale à la pression moyen
 Il y a, malgré cela, d'assez fortes anomalies, en partic
 février, le baromètre est exceptionnellement bas, et cepen
 froid très vif. — L'excès de pression du mois de mai s'acco
 la grande clarté et la température exceptionnellement élev
 mois. Le mois de juillet, en revanche, interrompt avec
 pression la période de pressions supérieures à la moyen
 sont établies dès le commencement de mai. — Le tableau
 donne les résultats moyens des observations barométri
 1888 :

	MOYENNE au Ch.-de-l'Air.	1888	DI
Janvier	715.4	718.0	
Février	713.7	708.1	
Mars	712.1	706.1	
Avril	709.9	709.2	
Mai	712.1	714.1	
Juin	712.9	713.0	
Juillet	714.3	712.2	
Août	713.6	715.8	
Septembre	714.0	716.2	
Octobre	712.7	715.0	
Novembre	712.5	713.3	
Décembre	712.7	715.3	
Moyenne	712.9	713.0	

Pluie et neige. — La quantité totale d'eau tombée est
 ment supérieure à la moyenne, 1312^{mm} au lieu de 1038

galement répartie entre les divers mois, comme le montre le tableau suivant :

Pluie.

	Moyenne 1874-1886.		1888	
	Hauteur d'eau.	Nombre de jours.	Hauteur d'eau.	Nombre de jours.
Janvier	43.8	10	16.0	9
Février	53.6	10	68.0	10
Mars	57.1	12	119.5	18
Avril	75.3	13	134.0	18
Mai	108.3	14	48.5	9
Juin	95.3	15	96.5	15
Juillet	98.9	13	169.0	24
Août	103.0	12	84.5	12
Septembre	106.2	11	150.2	12
Octobre	108.5	13	201.0	10
Novembre	97.9	13	52.0	17
Décembre	95.0	15	23.5	5
	1038.2	151	1312.7	159

On est immédiatement frappé, en parcourant ce tableau, des fortes exceptions de mars, avril, juillet et octobre.

On gardera longtemps le souvenir, sur les bords du Léman, de la chute de pluie des 2 et 3 octobre. La pluie tomba sans interruption pendant 36 heures, et on recueillit 95^{mm} d'eau le 3, à 7 heures du matin, et 56^{mm} le 4, à 7 heures.

De nombreux glissements de terrain et éboulements furent la conséquence de cette chute exceptionnelle. Les vignes de Lavaux, en particulier celles comprises entre Epesses et Rivaz, eurent beaucoup à souffrir des glissements de terrain. — Le mois de juillet fut particulièrement mauvais par la fréquence des jours de pluie; il n'y eut dans ce mois que 7 jours sans pluie.

Le 9 octobre déjà, la neige prenait pied sur la colline de la Tour de Gourze. Quelques flocons tombaient à Lausanne le 8 octobre. La dernière neige a été observée le 12 avril, et le 14 déjà, les hirondelles arrivaient à Lausanne.

Heures de soleil. — L'année 1888 est une année sombre. Le nombre des heures de soleil s'est élevé à 1734. Nous ne pouvons, avec trois années d'observations, établir une moyenne; aussi devons-nous nous contenter de mettre en parallèle les trois années 86, 1887 et 1888.

Heures de soleil.

	1886	1887	1888	Heures de soleil par jour.	
				1887	1888
Janvier . . .	—	30.3	91.2	0.98	2.94
Février . . .	66.3	161.7	54.1	5.78	1.86
Mars . . .	179.3	104.0	125.1	3.35	4.03
Avril . . .	161.2	205.3	87.0	6.84	2.90
Mai . . .	260.8	154.4	291.3	4.98	9.40
Juin . . .	177.4	332.8	220.2	11.09	7.34
Juillet . . .	291.9	273.5	191.3	8.82	6.17
Août . . .	241.2	278.3	239.1	8.98	7.71
Septembre . .	212.3	202.6	146.2	6.75	4.87
Octobre . . .	98.4	149.4	159.1	4.82	5.13
Novembre . .	100.9	81.6	60.2	2.72	2.00
Décembre . .	49.1	83.5	66.2	2.69	2.14
	1838.8	2057.4	1734.0	5.65	4.71

On voit que la clarté moyenne, c'est-à-dire le nombre moyen d'heures de soleil a été, en 1888, notablement inférieure à ce qu'il était en 1887. — La faible insolation des mois de juin et de septembre a particulièrement nui au développement de la vigne.

Température du sol. — Les observations sur la température du sol ont été faites en 1888 avec les mêmes instruments qu'en 1887. La température du sol, au commencement de décembre 1888, était supérieure jusqu'à 1 mètre de profondeur à ce qu'elle était, à la même date, en 1887, comme le montrent les chiffres suivants :

	1 mèt.	0m5	0m25
Décembre 1886	6°9	5°8	4°6
Id. 1887	5°6	4°4	3°6
Id. 1888	7°0	5°9	4°4

Les extrêmes de la température dans le sol sont arrivés, aux diverses profondeurs, aux dates suivantes :

	1 mèt.	0m5	0m25
Maxim. 18°2 (17 août)	21°0 (17 août)	22°1 (14 août)	
Minim. 1°4 (14 au 27 fév.)	0°8 (27 janv. au 7 fév.)	0°8 (20-27 janv.)	

Comme nous l'avons déjà fait remarquer dans le résumé de l'année 1887, le régime d'été pour le sol est caractérisé par le fait que la température à la surface est plus élevée que dans la profondeur; l'inverse a lieu en hiver. L'époque du passage de la stratification thermique hivernale à la stratification thermique estivale, et réciproquement, est caractérisée par une température constante dans toute la profondeur de la couche d'un mètre. Ces inversions ont eu lieu en 1888 aux dates suivantes :

Inversion du printemps, du 6 au 9 mars ; température moyenne, 20°.

Inversion d'automne, du 28 septembre au 2 octobre ; température moyenne, 16°5.

Phénomènes périodiques. — On a observé, en 1888, avec soin, la date de l'arrivée des hirondelles ; elles ont été vues les 5 et 6 avril, à Ouchy et à Morges ; le 14 seulement, elles apparaissaient à Lausanne. — Le 29 avril, les premiers hannetons voltigeaient à l'altitude de la Station.

Des observations semblables ont été faites à Cossonay, par les soins de M. *Hussy*, instituteur. Les premières hirondelles sont arrivées le 2 avril, mais ce n'est que le 15 qu'elles s'établissent.

Les primevères (*primula acaulis*) et le tussilage (*tussilago farfara*) ont fleuri à Cossonay les 5 et 6 mars. — Le 8 mai, les hannetons commençaient leurs dégâts à Cossonay. Enfin, la floraison du lilas a eu lieu dans cette station le 26 mai.

Orages. — Il a été observé 24 orages ou manifestations orageuses plus ou moins rapprochées de la Station ; leur répartition dans les différents mois est la suivante :

Avril 2, mai 2, juin 2, juillet 7, août 5, septembre 5, octobre 1.

Plusieurs d'entre eux ont été heureusement peu importants ; mais d'autres, accompagnés de grêle, ont fait des dégâts assez considérables. Ces orages, avec chute de grêle, sont l'objet d'observations nombreuses, que nous poursuivons depuis 1881 ; plusieurs collaborateurs bienveillants et attentifs nous aident dans ces observations. Voici les principaux résultats des observations de 1888 :

1^o Le 19 mai, à *Fey*, près Echallens, à 6 heures du soir, un orage éclate ; quelques grosses gouttes de pluie précèdent la chute de grêle et l'accompagnent au début, puis grêle sans pluie ; la chute de grêle dure de 6 h. 05 à 6 h. 14, avec interruption de 2 minutes. L'orage s'éloigne du N. au NNE. et se termine à 7 heures. Grêlons de forme pyramidale, base transparente, corps et pointe opaques.
(M. A. Jaunin-Wagnière.)

2^o Le 15 juin, à *Lausanne*, à minuit trente, chute de pluie et de grêle pendant 2 à 4 minutes.

Le 15 juin, à *La Tour-de-Peilz*, à minuit quarante-cinq minutes, grêle durant 15 minutes environ, mêlée de pluie ; direction de la chute, SSW. Pas de tonnerre. (M. Charannes.)

Le 15 juin, à *Clarens*, de 1 h. à 1 h. 05 du matin, chute de grêle avec beaucoup de pluie. Température minimum de nuit, 8°1. Vent du SSW. le soir et du NW. le matin. Grêlons comme des pois.

Eclairs sans tonnerre observés après la chute. Grêle à *Territet* et aux *Avants*.
(*C. Bühner, pharm.*)

Le 15 juin, à *Montreux*, à minuit 53 minutes, grêle; durée de la chute, 5 minutes. Vent du SSW. Ni éclairs, ni tonnerre. Grêlons ayant au maximum 1 cent. de diamètre. Beaucoup de pluie.

(*H. Schardt, prof.*)

Le 15 juin, à *Verneux*, minuit 40 minutes, grêle; durée, 10 minutes. Deux éclairs; pas de tonnerre.

(*M. S.*)

Le 15 juin, à *Rossinières*, minuit 50 minutes, grêle, puis pluie très abondante; la grêle n'a duré que quelques instants; la Station était au bord de la colonne, venant du SW. et allant au NE. Grêlons comme des pois. Tonnerre pendant toute la durée de l'orage, coups de foudre à moins de 2 kilomètres.

(*Louis Rodieux.*)

Le 15 juin, à *Cuves* (La Tine). Orage de 18 à 20 minutes de durée; maximum à 1 h. du matin. Durée de la chute de grêle, 7 à 8 minutes. Orage marchait de l'W. à l'E. Coups de foudre très forts. Le 15 au matin, toutes les montagnes étaient blanches de neige jusqu'à 1200 mètres.

(*L. Burnier.*)

3^o Le 21 juin, *Huëmoz* sur Ollon a été atteint, à 6 h. 30 du soir, par un orage accompagné d'une chute de grêle exceptionnelle. L'abondance de la grêle était telle, que le 22, à 10 heures du matin, on mesurait encore trois centimètres de grêle devant l'église. Grêlons comme des noisettes; durée de la chute, 25 minutes, direction du NW. au SE. Violents coups de foudre pendant la chute. C'est la plus forte chute observée dans la localité depuis 1839.

(*L. Anex.*)

4^o Le 23 juin, chute de grêle abondante sur la région comprise entre *Combremont-le-Grand*, *Menières*, *Granges* et *Lucens*. — *Lucens*, 1 h. 20 m. p. m. Violent coup de tonnerre suivi immédiatement de grêle sur les pentes orientales de la vallée, et de pluie dans le fond de la vallée. Vent du SW. au NE., puis vent d'Est tourne au Nord et ramène la colonne sur *Granges*, *Surpierre*, *Cremin* et *Forel*. Le vent du Nord était assez violent pour renverser de gros arbres. Grêlons comme des noisettes. Coups de tonnerre fréquents.

(*J. Pingoud.*)

Granges. A midi, vent du SE. a tourné au NE. au commencement de l'orage, à 1 h. 40. Grosses gouttes de pluie, suivies à 1 h. 45 m. de grêle, mêlée de pluie, avec vent d'une violence inouïe; la grêle était chassée horizontalement; des chars de foin ont été renversés. Violents coups de foudre. Durée de l'averse, 15 à 20 min.;

grêlons comme des noisettes. Localités atteintes, Granges, Ville-neuve, Menières.

(*G. Nicod.*)

Combremont-le-Grand, à 1 h. 45; deux averses venant l'une de *Lucens*, l'autre de *Charvannes-le-Chêne*, paraissent s'être réunies sur Combremont. Pluie diluvienne; grêlons comme des petites noisettes. Nombreux éclairs. Vent du SW. faible, par moments vent du Nord.

(*Martin, agric.*)

Toutes les observations qui relatent l'orage du 23 juin signalent le fait que le 22, des brouillards traînaient sur les deux côtés de la vallée.

4^o Le 11 juillet, à *Clarens*, à 10 h. 30 soir. Chute de grêle de 10 h. 25 à 10 h. 30, mêlée de pluie: grêlons comme des pois. La colonne est venue du Creux-de-Novel et a traversé le lac. Un coup de tonnerre à la fin de la chute.

(*C. Bühner.*)

5^o Le 1^{er} août, à *Lausanne*, grêle à 11 h. 02 du soir; durée, 2 minutes. Orage se déplace du NE. au S.

6^o Le 1^{er} septembre, à *Bussigny*, 10 h. matin. Chute de grêle et de pluie; durée, 36 minutes. Au début, grêle sans pluie, puis mélangée d'eau, grêle très abondante; couche de 5 centimètres sur le sol. Vent tourne du SW. au S., puis au N. Colonne s'est arrêtée au-dessous de *Villars-St-Croix*. Localités atteintes, *Echandens*, *Denges*.

(*Visinand, instit.*)

Le 1^{er} septembre, faible chute de grêle de 9 h. 35 à 9 h. 38 à *Aubonne*.

(*Rochat, prof.*)

Les tableaux qui suivent donnent les résultats des observations quotidiennes faites à la Station. La température, la pression atmosphérique, sont observés trois fois par jour; l'humidité de l'air, la force et la direction du vent deux fois seulement, les enregistreurs nécessaires n'ayant pas encore pu être installés. Toutes les observations thermométriques se rapportent aux indications du thermomètre qui a servi, à l'Asile des aveugles, aux observations de M. le professeur Marguet; cet instrument, vérifié à plusieurs reprises, est de 0^o7 trop élevé; les chiffres des tableaux sont corrigés de cette valeur. La force du vent est mesurée au moyen de l'anémomètre de Robinson; on indique comme calme une vitesse de l'air inférieure à un kilomètre à l'heure. Les chiffres de nébulosité expriment la moyenne des trois observations de 7 h., 1 h. et 9 h. Les heures de soleil sont enregistrées par le *Sunshine recorder* de Campbell.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de JANVIER 1888.

Observateur : D. VALET.

Date	Thermomètre						Baromètre à zéro			
	7 h.	4 h.	9 h.	Moyennes	Max.	Min.	7 h.	4 h.	9 h.	Moyennes
1	-9,3	-7,1	-6,6	-7,7	-2,5	-10,5	710,5	708,9	708,5	709,3
2	-4,5	-0,6	-1,3	-2,1	-4,5	-7,7	06,6	06,7	08,9	07,4
3	1,5	5,6	1,2	2,9	2,5	-1,5	12,5	14,7	16,9	14,7
4	-2,3	3,6	-1,9	-0,2	7,5	-2,5	17,0	16,9	15,9	16,6
5	-1,7	0,9	0,8	0,0	4,5	-3,0	14,9	16,0	17,6	16,2
6	4,5	2,5	?	?	3,0	0,5	18,9	20,8	21,2	20,3
7	0,9	2,0	1,5	1,5	3,5	0,5	21,5	22,9	25,1	23,3
8	0,3	5,6	1,4	2,4	3,0	-0,5	26,8	28,2	28,0	27,7
9	1,5	6,1	1,9	3,2	6,5	0,8	28,1	26,9	26,0	27,0
10	2,9	6,9	3,1	4,3	7,5	1,5	25,2	24,8	25,1	25,0
11	1,1	4,9	0,4	2,1	9,5	1,0	25,0	24,5	23,8	24,6
12	-1,5	2,1	1,4	0,7	6,0	-1,7	23,1	21,8	21,1	22,0
13	0,3	1,3	-4,8	-1,1	4,0	0,3	20,5	19,3	19,9	19,9
14	-5,7	-1,9	-4,7	-4,1	2,0	-5,7	20,1	19,0	17,1	18,6
15	-5,7	-3,8	-6,3	-5,3	0,0	-6,0	16,0	16,1	18,1	16,7
16	-5,9	0,6	-5,1	-3,8	-2,5	-7,0	19,7	20,5	21,4	20,5
17	-6,5	-1,3	-3,8	-3,9	2,0	-6,5	21,8	21,7	21,9	21,8
18	-4,3	-2,1	-4,7	-3,7	1,5	-4,5	22,3	22,3	23,1	22,6
19	-6,7	-2,2	-5,9	-4,9	-0,5	-7,0	23,3	23,8	24,2	23,8
20	-6,0	-3,8	-4,4	-4,7	-0,5	-6,0	23,6	22,4	22,5	22,8
21	-6,1	-2,1	-2,6	-3,6	-0,5	-7,0	22,5	21,4	19,2	21,3
22	-0,1	2,0	2,6	1,5	0,6	-3,5	15,0	12,0	12,2	13,1
23	1,9	7,1	?	?	3,5	1,5	14,5	16,8	20,8	17,4
24	1,6	4,2	0,5	2,1	8,2	1,0	23,8	24,7	24,9	24,5
25	-0,7	2,6	-1,5	0,1	5,5	-0,7	24,9	20,6	22,4	22,6
26	-2,6	5,0	1,9	1,4	4,5	-2,7	18,0	17,4	17,7	17,7
27	0,2	0,1	-1,0	-0,2	5,5	0,0	16,7	16,6	15,2	16,2
28	-0,7	-2,4	-5,9	-3,0	3,0	-2,5	10,4	06,9	06,6	07,9
29	-7,1	-1,1	-9,4	-5,9	-1,5	-8,5	07,5	07,5	07,8	07,6
30	-10,7	-3,2	-12,1	-8,0	1,1	-11,7	07,7	07,8	08,2	07,9
31	-9,5	-4,6	-9,4	-7,2	-1,5	-12,1	07,7	06,0	05,3	06,3
Moyen.	-2,13	+0,86	-2,57	-1,6			718,3	717,3	718,2	718,0
Vents	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Calme	
Fréquence .	9	7	5	11	8	10	8	4	6	
Vitesse . .	10.9	5.2	1.3	2.9	3.2	7.2	5.6	6.1		

Extrêmes de température : Max. 9,5 le 11 ; min. -12,1 le 31.

Extrêmes de pression : Max. 728,2 le 8 ; min. 705,3 le 31.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = -1,6$. Amplitude 21°6.

Jours de non-dégel, 8. Jours de gelée, 22.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

38'. G. β . 46°.31'. H. 555,8. h. 1^m.10. H'. 549.

Humidité relative			Pluie mm.	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date
n.	4 h.	Moyennes					
11	82	—	—	—	—	calme, brumeux.	10 1
12	75	—	—	—	—	neige à 2 h.	10 2
14	67	—	4.5	2.2	—	verglas.	6 3
15	65	—	—	7.3	—	couvert le soir	3 4
16	84	—	—	—	—	brouillard	10 5
15	92	—	2	—	—	id.	10 6
18	94	—	3	—	—	id.	10 7
17	66	—	1	8.1	—		0 8
19	76	—	0.5	3.0	—		3 9
13	70	—	—	3.3	—		5 10
18	69	—	—	5.0	—	brouillard le matin.	5 11
15	83	—	—	1.0	—	brouillard, verglas.	8 12
18	67	—	—	7.1	—		3 13
19	67	—	—	5.1	—	verglas, bise.	2 14
19	68	—	—	—	—	neige à 1 h.	7 15
10	65	—	—	5.2	—	verglas.	1 16
10	70	—	—	6.1	—	verglas.	1 17
18	76	—	—	—	—		10 18
13	74	—	—	2.1	—		8 19
10	87	—	—	—	—	brouillard.	10 20
10	78	—	—	0.1	—	verglas.	10 21
12	95	—	0.5	—	—	verglas, neige, pluie.	10 22
15	65	—	3.0	?	—	soleil entre 1 h. et 5 h.	4 23
19	77	—	—	3.0	—	verglas, brouillard.	7 24
15	72	—	—	5.0	—	brouillard.	7 25
17	57	—	—	4.0	—	brouillard, pluie.	10 26
13	74	—	1.0	0.2	0.2	neige.	10 27
18	47	—	1.5	0.2	—	neige nuit. éclipse	9 28
15	42	—	—	7.3	—	[visible.	1 29
15	44	—	—	8.3	—		0 30
11	54	—	—	4.0	—		2 31
5	68	—	16.0	91.2	—		Moyen.

Dates: 3. 6. 10. 13. 17. 20. 24. 27. 31.
 température } 1^m 6.6 2.4 2.2 2.0 1.9 1.8 1.7 1.6 1.5
 du sol } 0^m5 1.2 1.0 1.2 1.0 1.0 0.8 0.9 0.8 0.8
 } 0^m25 0.8 0.8 0.9 1.0 1.0 0.8 0.8 0.8 0.9

s heures de soleil sont indiquées en heures et quart d'heures;
 1.2 signifie 5 heures et demie.

nébulosité est exprimée par les chiffres 0 à 10. 0 = ciel entière-
 ment clair; 10 ciel entièrement couvert.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de FÉVRIER 1888.

Observateur : D. VA

Date	Thermomètre						Baromètre à zéro			
	7 h.	4 h.	9 h.	Moyennes	Max.	Min.	7 h.	4 h.	9 h.	Moy
1	-7,7	-4,2	-5,2	-5,7	-2,5	-11,5	703,7	705,3	708,0	70
2	-3,8	-0,7	-6,6	-3,7	-1,5	-5,2	10,3	12,1	13,8	1
3	-2,6	-0,3	-2,6	-1,8	3,0	-6,6	15,2	16,0	17,5	1
4	-3,3	0,0	-3,1	-2,1	2,0	-3,3	18,3	20,0	24,7	2
5	-2,3	1,9	2,2	0,6	2,5	-3,2	19,5	18,5	16,2	1
6	2,1	7,5	3,4	4,3	3,7	0,7	14,2	13,8	14,1	1
7	1,5	5,5	2,5	3,2	9,5	1,5	15,0	15,6	15,0	1
8	0,7	3,9	1,3	2,0	6,5	0,7	12,6	11,7	11,5	1
9	0,1	0,7	0,7	0,5	5,0	0,1	10,6	10,4	12,3	1
10	0,7	5,7	0,7	2,4	1,8	0,5	12,7	12,9	11,7	1
11	1,1	6,3	1,0	2,8	7,5	0,5	09,8	09,4	08,5	0
12	-0,1	6,4	4,6	3,6	8,5	-0,5	06,7	06,7	06,4	1
13	1,0	2,6	-0,3	1,1	7,5	1,0	08,7	10,5	12,0	1
14	-0,9	-0,3	-0,6	-0,6	5,5	-1,5	11,0	10,3	09,3	1
15	-1,9	-0,4	-2,1	-1,5	2,5	-1,9	07,6	06,6	06,1	0
16	-2,7	0,5	-3,5	-1,9	2,5	-2,7	04,2	04,0	04,4	0
17	-3,9	1,0	-2,7	-1,9	2,5	-4,5	03,7	03,0	02,3	0
18	-4,1	0,4	?	—	3,5	-4,1	00,7	00,6	699,7	0
19	-3,9	0,3	-6,5	-3,4	4,5	-4,0	697,5	695,9	95,0	69
20	-6,9	1,0	-3,5	-3,1	5,0	-7,0	93,6	92,6	92,4	9
21	-3,7	-2,1	-3,3	-3,0	5,0	-4,5	95,7	97,5	99,7	9
22	-4,5	-3,3	-4,2	-4,0	-0,5	-5,2	701,0	702,1	704,1	70
23	-4,3	0,1	-2,0	-2,1	5,5	-5,3	04,5	04,5	04,7	0
24	-3,3	0,9	-3,3	-1,9	3,0	-3,5	02,4	01,6	02,2	0
25	-5,7	1,0	-2,6	-2,4	3,5	-5,8	04,3	05,4	04,3	0
26	-3,9	2,5	-1,5	-0,9	4,5	-5,6	05,8	06,7	09,5	0
27	-1,0	1,7	0,6	0,4	4,0	-2,2	10,5	09,8	10,8	1
28	-0,4	1,5	0,4	0,5	3,0	-0,4	11,2	11,3	12,0	1
29	-2,1	-0,6	-2,1	-1,6	1,0	-2,1	11,9	11,8	12,0	1
Moyen.	-2,3	+1,4	-1,3	-0,7	—	—	707,7	707,8	708,3	70
Vents	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	C.	
Fréquence .	11	8	0	8	6	11	6	8		
Vitesse . .	9,7	4,2	0	2,5	4,4	6,4	2,7	3,3		

Extrêmes de température : Max. 9.5 le 7 ; min. -11.5 le 1^{er}.

Extrêmes de pression : Max. 724.7 le 4 ; min. 692.4 le 20.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = -0.88$. Amplitude 21°

Jours de non-dégel, 3. Jours de gelée, 23.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

28°. G. β. 46°.31'. H. 555,8. h. 1^m.10. H'. 549.

Humidité relative			Pluie mm.	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date
1 h.	4 h.	Moyennes					
70	65		2,0	—	—	neigeux.	10
88	64		—	—	—	neige.	7
88	68		—	—	—		10
92	67		—	—	—	brouillard	10
97	70		—	—	—	id.	7
95	60		—	7,4	—		5
77	58		—	—	5,0	pluie le soir.	10
75	76		5,0	—	0,2	pluie le matin.	10
75	94		2,5	—	0,1	neige tout le jour.	10
75	62		10,0	5,3	0,0		7
97	58		—	6,0	0,8		3
93	58		—	3,2	0,9	gelée blanche.	4
92	87		15,0	3,0	1,0	pluie le matin.	5
75	87		1,0	—	0,2	gelée blanc., puis neige	9
92	77		15,0	—	—	neige tout le jour.	10
75	57		5,0	—	—	hauteur de neige 27 c.	10
78	52		—	—	—	neige le soir.	10
70	52		6,0	1,2	—	id. le matin.	10
93	40		—	5,2	—		4
95	47		—	3,2	—		6
99	84		—	—	—	neige depuis 8 h. m.	10
70	47		6,5	6,2	—	neige tassée 25 c.	2
91	52		—	5,0	—		5
90	56		—	—	—	neige le matin.	9
70	46		—	6,3	—		4
97	58		—	—	—	brouillard.	9
75	64		—	—	—		10
75	—		—	—	—		10
—	67		—	—	—		10
			68,0	54,1			Moyenne

		Dates 3. 7. 10. 11. 17. 21. 24. 27.							
température du sol	1 ^m	1,5	1,6	1,6	1,4	1,5	1,5	1,5	1,4
	0m5	0,8	0,8	0,8	1,2	1,0	1,0	1,0	1,1
	0m25	0,9	1,0	0,9	1,0	0,8	1,2	1,2	1,2

es heures de soleil sont indiquées en heures et quart d'heures.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de MARS 1888.

Observateur : D. V

Date	Thermomètre						Baromètre à zér			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Max.	Min.	7 h.	1 h.	9 h.	
1	-2,1	4,1	-2,9	-0,3	7,0	-2,3	711,9	711,5	711,2	7
2	-5,7	2,4	-3,2	-2,2	4,5	-6,0	10,9	10,3	08,8	
3	-5,1	3,3	-1,9	-1,2	6,0	-6,2	06,8	06,3	07,6	
4	-7,4	0,1	-3,4	-3,6	2,5	-8,0	09,5	10,0	09,4	
5	-4,6	-0,2	-3,0	-2,6	5,0	-4,6	10,0	11,9	14,7	
6	-5,4	1,7	-1,4	-1,7	4,5	-6,0	15,9	16,7	17,7	
7	-3,0	5,5	-0,1	0,8	7,0	-3,5	18,7	19,8	20,4	
8	-3,3	6,7	1,3	1,6	7,5	-3,8	19,8	18,6	17,6	
9	3,2	11,2	7,2	7,5	12,0	0,8	16,9	15,4	14,0	
10	4,7	8,0	5,9	6,2	12,0	4,8	08,6	09,8	09,5	
11	5,9	5,4	5,1	5,5	12,0	5,5	06,7	03,7	02,4	
12	2,4	3,9	2,2	2,8	6,5	2,0	03,6	03,0	02,5	
13	2,8	3,4	2,9	3,0	4,5	2,0	03,1	04,7	06,7	
14	2,9	6,2	3,1	4,1	7,5	1,3	04,7	01,5	699,9	
15	4,3	8,0	5,5	5,9	10,5	3,1	00,0	699,7	99,7	6
16	3,3	9,9	2,7	5,3	13,0	2,0	699,5	98,2	99,8	
17	1,9	4,3	-1,4	1,6	8,5	1,5	99,2	700,0	705,0	7
18	-1,7	2,3	-0,3	0,1	4,5	-2,5	705,2	03,9	02,0	
19	-2,7	4,0	-0,6	0,2	4,5	-2,7	00,0	01,7	05,7	
20	-3,5	3,5	-0,1	0,3	6,5	-2,5	08,4	09,2	10,0	
21	-0,7	7,7	4,7	3,9	9,0	-2,0	10,6	09,9	09,7	
22	1,5	6,1	1,0	2,9	8,0	1,0	11,1	10,9	10,5	
23	-0,0	6,3	3,3	3,2	8,0	0,0	06,6	04,0	02,0	
24	4,7	10,3	6,0	7,0	12,5	2,2	02,3	03,0	04,0	
25	5,9	10,7	8,9	8,5	13,0	4,2	02,5	00,5	00,1	
26	3,3	4,2	4,0	3,8	9,0	3,3	02,2	02,5	699,1	
27	8,7	11,2	5,1	8,3	13,5	3,7	698,3	696,1	700,7	6
28	3,7	8,7	8,5	7,0	12,5	2,7	96,6	95,0	692,0	
29	4,9	5,1	6,2	5,4	9,0	4,9	92,1	97,0	99,4	
30	4,1	9,8	1,2	5,0	11,0	3,6	701,0	703,1	706,0	7
31	2,7	4,9	4,9	4,1	8,5	1,0	08,5	710,0	11,7	
Moyen.	0,76	5,76	2,30	3,00			706,1	706,1	706,4	7
Vents	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.		
Fréquence.	9	6	0	9	5	20	7	6		
Vitesse . .	6.2	7.5	0	3.9	5.3	13.8	5.4	4.2		

Extrêmes de température : Max. 13.5 le 27 ; min. -6.2 le 3.

Extrêmes de pression : Max. 720.4 le 7 ; min. 692.0 le 28.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 2.78$. Amplitude 19°.7.

Jours de non-dégel, 0. Jours de gelée, 12.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

2.38'. G. β. 46°.31'. H. 555,8. h. 1^m.10. H'. 549.

Humidité relative			Pluie mm.	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date
h.	4 h.	Moyennes					
4	48		—	3,1	—		1
7	52		—	10,1	—	gelée blanche le mat.	2
11	44		—	8,2	—		3
14	40		—	9,1	—		4
18	—		0,5	1,3	—	neige abondante le	5
14	63		1,5	4,1	—	[matin	6
14	49		—	10,0	—		7
7	55		—	10,0	11,8	gelée blanche	8
6	48		—	4,1	0,2		9
6	40		9,0	—	1,9	pluie	10
6	78		13,0	0,2	0,2		11
9	90		16,0	—	0,8		12
12	74		3,5	0,3	1,0		13
5	84		8,5	—	0,2		14
7	58		10,0	—	0,8		15
10	71		10,5	6,0	0,2		16
12	58		6,0	—	0,8	neige à 5 h.	17
10	75		2,0	—	0,2		18
10	60		—	2,1	—		19
8	55		—	10,0	—		20
19	52		—	10,3	—	gelée blanche	21
10	52		—	11,1	4,8		22
7	58		—	7,1	0,9		23
5	54		—	1,1	1,2		24
5	50		2,0	0,3	1,0		25
9	58		12,0	0,1	0,2		26
11	83		4,5	2,0	0,8		27
9	60		15,0	3,2	1,0		28
7	67		0,5	1,2	0,3		29
2	64		1,0	5,2	1,9		30
7	54		4,0	0,1	1,1		31
9,9	54,6		119,5	125,1			Moyen.

Dates :		2.	6.	9.	13.	16.	20.	23.	27.	30.
température du sol	1 ^m	4,6	1,5	2,1	2,8	3,2	3,7	4,0	4,6	5,2
	0 ^m 5	4,3	1,2	2,8	3,3	4,2	4,2	4,6	5,6	6,3
	0 ^m 25	4,4	1,3	3,5	4,2	5,2	4,2	5,0	6,6	6,8

Les heures de soleil sont indiquées en heures et quart d'heures.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois d'AVRIL 1888.

Observateur : D. VAL

Date	Thermomètre						Baromètre à zéro			
	7 h.	4 h.	9 h.	Moyennes	Max.	Min.	7 h.	4 h.	9 h.	Moy.
1	3,0	10,0	5,8	6,3	12,0	1,0	711,9	711,4	710,0	711,1
2	4,1	10,9	5,5	6,8	13,0	4,0	09,3	08,0	06,1	07,8
3	5,1	6,7	4,4	5,4	12,0	4,7	03,8	03,7	03,0	03,5
4	1,6	6,1	3,6	3,8	8,0	1,6	01,7	01,4	698,9	00,7
5	-0,1	1,9	-0,9	0,3	3,0	-0,1	01,7	03,8	706,9	04,1
6	-0,6	1,7	-0,4	0,2	3,5	-0,9	07,7	08,1	09,4	08,4
7	-1,5	2,1	0,2	0,2	3,0	-1,5	09,2	09,2	08,9	09,1
8	-0,7	4,4	-0,9	0,9	5,5	-0,8	07,3	07,7	07,3	07,4
9	0,0	4,0	1,0	1,7	6,0	-0,9	08,3	08,9	09,4	08,9
10	0,9	2,1	0,3	1,1	6,0	0,0	09,7	09,5	09,8	09,3
11	-1,3	4,3	1,5	1,5	6,5	-1,3	11,8	12,8	12,7	11,8
12	-0,3	3,1	0,2	1,0	5,0	-0,5	08,6	08,8	09,4	08,9
13	1,6	3,9	6,0	3,8	7,5	0,2	11,0	13,0	14,8	11,6
14	5,6	13,9	9,0	9,5	16,0	3,4	14,6	13,6	11,3	14,5
15	7,0	15,4	10,9	11,1	17,5	5,0	10,4	08,6	09,2	09,4
16	10,1	14,0	12,6	12,2	16,5	9,5	10,7	11,4	12,2	11,4
17	9,2	15,1	10,7	11,7	17,5	9,2	12,7	12,5	12,8	12,7
18	9,7	7,8	7,1	8,2	13,0	7,0	13,3	13,8	12,6	13,0
19	5,1	9,3	6,3	6,9	10,5	4,4	09,1	08,3	08,2	09,0
20	5,1	7,7	5,9	6,2	9,5	4,7	06,8	06,9	07,0	06,9
21	3,1	9,3	5,3	5,9	11,5	3,0	07,6	08,3	09,1	08,3
22	4,8	9,0	5,0	6,1	12,0	2,4	08,1	08,3	06,7	07,8
23	6,0	9,0	5,0	6,7	11,0	4,8	08,6	08,7	09,4	08,9
24	5,9	13,4	11,9	10,4	17,0	4,8	09,6	07,6	05,9	09,0
25	10,3	15,2	8,8	11,4	17,5	9,2	04,6	04,5	04,0	04,0
26	8,2	9,5	7,9	8,5	12,0	8,2	04,8	06,4	08,6	07,8
27	4,2	9,2	6,7	6,7	12,0	2,5	10,9	13,8	15,8	13,2
28	5,9	11,5	11,2	9,5	14,3	2,8	16,6	16,4	15,6	14,9
29	5,8	17,3	13,5	12,2	19,2	4,5	13,3	13,5	13,0	13,3
30	12,3	16,2	13,2	13,9	18,0	11,2	10,8	09,7	07,8	09,8
Moyen.	4,34	8,77	5,90	6,55			709,15	709,3	709,2	709,2
Vents	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Ca	
Fréquence .	7	3	0	14	4	23	5	4		
Vitesse . .	12,5	2,8	0	3,2	3,2	4,7	6,7	1,6		

Extrêmes de température : Max. 19.2 le 29 ; min. -1.5 le 7.

Extrêmes de pression : Max. 716.6 le 28 ; min. 698.9 le 4.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 6.23$. Amplitude 20.7.

Jours de gelée, 7.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

66° 38'. G. β. 46° 31'. H. 555,8. h. 1^m.10. H'. 549.

Humidité relative			Pluie mm.	Heures de soleil	Évapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date
7 h.	1 h.	Moyennes					
75	48		—	3,7	1,1	parasélène	5 1
85	53		1,0	3,0	1,7		5 2
74	79		—	2,1	0,2		8 3
92	78		18,0	1,0	0,8		7 4
30	79		5,0	—	0,1	neige, hirondelles à	10 5
30	69		5,0	—	—	Ouchy et Morges, neige	10 6
33	66		—	—	—		10 7
77	70		—	—	3,1	neige	10 8
39	66		6,0	0,3	0,1	neige	10 9
14	61		—	0,3	—	neige	10 10
57	55		4,0	4,2	0,7	neige	9 11
18	71		7,0	—	0,2	neige	10 12
35	84		7,0	0,1	—		10 13
39	56		2,0	12,1	1,8	hirond'ès à Lausanne	2 14
92	55		—	9,1	2,1		4 15
78	68		—	2,2	1,2		7 16
38	56		4,5	4,1	1,7		8 17
77	80		—	2,1	1,1		4 18
92	75		3,0	0,2	0,9		10 19
30	70		5,5	—	0,2		10 20
33	46		1,5	8,2	2,8		3 21
36	50		—	2,1	1,0		7 22
31	67		6,0	—	0,1	6 h. 47, 1 coup de	10 23
37	61		28,5	—	2,0	[tonnerre	4 24
78	56		1,5	3,2	1,2	7 h. 10, éclairs nom-	9 25
39	76		21,5	—	0,1	[breux à l'W.	10 26
30	50		7,0	12,2	2,6		1 27
7	46		—	4,1	—		4 28
—	49		—	8,3	—	premiers hannetons	2 29
4	57		—	—	3,2		10 30
			134,0	87,0	30,2		Moyen.

		Dates 3. 6. 10. 13. 17. 20. 24. 27.							
Température du sol	1 ^m	5,5	6,7	5,0	4,9	6,2	7,0	7,6	8,2
	(0 ^m 5)	6,8	5,9	5,0	4,7	8,2	8,4	8,8	10,0
	(0 ^m 25)	7,8	5,3	4,8	4,4	10,2	9,2	9,2	10,6

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de MAI 1888.

Observateur : D. VA

Date	Thermomètre						Baromètre à zéro			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Max.	Min.	7 h.	1 h.	9 h.	Moy.
1	10,3	10,0	10,5	10,3	14,5	10,0	705,0	709,3	713,3	70
2	10,0	16,1	10,0	12,0	17,5	7,0	15,4	15,8	15,4	1
3	11,7	13,3	9,6	11,5	15,0	7,1	16,0	17,0	19,5	1
4	10,1	13,3	5,4	9,6	16,5	6,0	19,7	18,8	20,0	1
5	7,6	15,0	9,4	10,7	17,5	4,5	19,5	19,6	20,7	1
6	8,9	16,6	13,1	12,9	18,5	5,5	21,1	21,1	20,5	2
7	11,0	18,7	13,2	14,3	21,0	8,0	20,6	20,7	19,5	2
8	13,1	21,0	14,3	16,1	23,5	9,5	19,7	19,1	18,3	1
9	14,1	23,3	18,3	18,5	26,0	10,5	18,4	17,0	16,1	1
10	14,5	21,9	14,1	16,8	23,5	10,5	15,8	15,1	14,5	1
11	7,7	14,5	8,7	10,3	15,5	5,7	15,5	15,7	15,1	1
12	6,5	16,5	11,0	11,3	17,0	4,0	17,2	17,3	16,5	1
13	7,9	16,2	12,2	12,1	19,5	4,0	16,7	16,1	14,7	1
14	12,6	20,1	12,5	15,1	21,0	7,8	12,3	08,6	08,4	0
15	10,7	18,9	13,8	14,5	21,5	10,5	08,3	07,0	07,3	0
16	15,5	19,6	14,5	16,5	22,0	9,3	08,5	08,5	09,9	0
17	15,3	22,6	16,4	18,1	24,0	10,3	13,5	11,8	13,2	1
18	15,2	23,7	19,2	19,4	25,0	10,5	13,5	12,5	11,3	1
19	17,3	23,6	17,3	19,4	27,0	11,0	12,3	12,0	13,3	1
20	13,5	17,7	12,7	14,9	20,0	12,6	17,4	17,6	18,3	1
21	11,4	15,1	12,4	13,0	16,5	11,0	17,1	17,3	15,9	1
22	11,6	19,5	14,9	15,3	22,0	9,7	13,6	13,5	12,5	1
23	13,4	18,4	14,5	15,4	20,0	12,1	13,1	13,3	13,2	1
24	12,0	20,0	16,9	16,3	22,5	8,8	15,1	14,9	13,7	1
25	13,4	21,0	14,2	16,2	23,0	9,3	14,2	13,5	12,2	1
26	15,5	22,5	13,1	17,0	24,0	11,5	10,8	09,5	09,8	1
27	12,4	19,5	14,4	15,4	22,5	8,4	09,9	09,5	07,4	0
28	14,3	20,2	11,9	15,5	22,0	10,2	06,0	04,7	08,0	0
29	10,3	14,5	11,6	12,1	16,0	9,3	10,9	12,2	13,8	1
30	12,2	20,1	14,4	15,6	22,5	7,0	14,2	14,5	15,1	1
31	12,6	16,5	16,0	15,0	18,0	12,5	15,5	16,2	17,0	1
Moyen.	12,0	18,4	13,3	14,7			714,4	713,9	714,4	71
Vents	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Ca	
Fréquence .	9	2	6	9	10	18	5	3		
Vitesse . .	12,4	7,6	1,4	4,6	4,4	5,6	9,1	2,8		

Extrêmes de température : Max. 27 le 19 ; min. 4,5 le 5.

Extrêmes de pression : Max. 721 le 6 ; min. 704,7 le 28.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 14^{\circ}2$.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

6°38'. G. 3. 46°31'. H. 555,8. h. 1^m10. H'. 549.

Humidité relative			Pluie mm.	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date
7 h.	1 h.	Moyennes					
93	87		6,0	—	1,0		1
75	51		14,5	12,2	1,9		2
74	63		—	4,2	1,0		3
57	44		—	7,1	2,2		4
85	52		2,5	13,0	2,2		5
73	48		—	13,2	2,9		6
74	54		—	13,2	2,7		7
75	45		—	13,0	3,2	Eclairs au sud, 4 h.	8
73	44		—	13,2	4,0	[p.m.]	9
80	49		—	10,2	3,1		10
69	57		—	13,2	4,0	forte bise depuis 10 h.	11
65	52		—	13,2	3,9	[a.m.]	12
74	55		—	13,0	2,2		13
77	42		—	6,1	3,9		14
89	47		0,5	2,2	2,2		15
71	51		—	12,2	2,7		16
84	48		—	13,2	2,1		17
85	49		—	13,0	3,0		18
79	45		—	11,0	2,2		19
90	62		18,5	2,2	2,0		20
82	70		1,5	4,2	3,0	orage à 5 h. 50 p.m.	21
84	54		—	9,0	1,9	Ouest à N.-Ouest	22
85	58		1,5	8,3	4,0		23
62	47		—	14,0	3,1		24
72	44		—	13,2	2,9		25
75	45		—	13,2	2,4		26
86	39		—	14,0	4,0		27
65	46		—	1,2	2,1		28
85	60		1,5	—	1,0		29
86	40		—	10,2	2,0		30
95	60		2,0	—	1,0		31
			48,5	291,3	80,8		Moyen.

Dates : 1. 4. 8. 11. 14. 18. 22. 25. 29.

Température du sol	1 ^m	7,8	9,6	10,4	11,2	12,2	13,1	14,0	14,3	14,8
	0 ^m 5	10,8	11,3	12,8	14,0	14,8	14,9	16,2	16,8	16,1
	0 ^m 25	12,0	12,9	14,2	15,5	16,8	17,7	16,6	18,2	17,8

$$\text{Moy.} = \frac{9 + 9 + 1 + 7}{4} = 6,5$$

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de JUIN 1888.

Observateur : D. VALET.

Date	Thermomètre						Baromètre à zéro			
	7 h.	4 h.	9 h.	Moyennes	Max.	Min.	7 h.	4 h.	9 h.	Moyennes
1	—	19,9	14,9	—	22,5	—	—	718,8	719,1	718,9
2	14,1	22,6	16,9	17,9	24,5	9,6	719,2	18,8	17,7	18,6
3	18,1	27,1	19,1	21,4	29,0	13,1	17,7	18,3	16,7	17,6
4	20,5	28,4	23,1	24,0	29,5	14,5	16,8	15,3	13,9	15,3
5	20,0	28,4	21,4	23,3	30,0	15,5	14,1	14,0	13,6	13,9
6	20,0	27,7	20,3	22,7	29,0	15,8	13,4	12,8	12,3	12,8
7	15,0	22,5	18,2	18,6	24,5	15,0	13,7	13,4	12,9	13,3
8	17,5	25,9	17,2	20,2	26,5	12,5	12,4	11,0	12,3	11,9
9	15,1	16,3	13,3	14,9	19,0	15,1	11,3	12,6	13,2	12,4
10	13,1	20,2	—	—	22,5	12,0	15,0	15,6	16,1	15,6
11	14,5	22,1	11,2	15,9	23,0	12,5	16,2	16,0	14,9	15,7
12	15,6	22,9	19,0	19,2	25,0	11,0	13,8	12,8	11,1	12,6
13	17,9	24,6	17,3	19,9	25,5	14,5	11,6	12,1	11,6	11,8
14	15,0	10,7	11,2	12,3	16,0	14,5	11,6	13,1	14,2	12,9
15	11,1	17,5	12,3	13,6	19,5	7,0	15,1	15,8	13,4	14,8
16	12,9	16,4	13,4	14,2	18,5	8,0	10,4	08,8	09,1	09,4
17	9,8	13,0	8,7	10,5	15,5	9,8	09,4	12,0	12,4	11,3
18	10,1	14,3	11,0	11,8	16,5	8,7	12,6	12,9	13,8	13,1
19	11,9	17,8	12,8	14,2	18,5	9,2	13,7	12,3	10,8	12,3
20	12,6	18,8	14,6	15,3	20,5	9,2	10,3	09,2	09,1	09,5
21	13,2	18,7	14,5	15,5	22,0	12,1	10,8	11,7	12,9	11,8
22	14,7	21,1	18,3	18,0	23,5	10,7	13,1	11,5	11,4	12,0
23	17,7	23,6	16,3	19,2	23,6	14,3	12,1	13,0	13,9	13,0
24	16,1	23,2	17,6	18,9	26,0	11,2	13,7	14,0	13,5	13,7
25	17,8	16,0	13,7	15,8	21,5	13,7	14,0	14,4	14,5	14,3
26	15,7	21,7	15,6	17,7	23,5	13,0	14,5	14,1	14,0	14,2
27	15,0	21,9	16,0	17,6	23,5	11,9	12,9	11,2	10,0	11,4
28	13,7	16,2	13,0	14,3	20,0	13,7	09,0	11,4	11,1	10,5
29	11,5	14,1	11,7	12,4	17,0	10,7	10,1	08,7	05,9	08,2
30	9,9	11,8	—	—	—	9,9	04,8	08,5	—	06,6
Moyen.	14,8	20,2	15,1	17,0	—	—	712,9	713,1	712,9	713,0

Vents	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Calme
Fréquence.	9	1	5	4	6	17	11	6	7
Vitesse . .	5,2	9	4,0	3,2	5,4	7,6	6,9	2,3	

Extrêmes de température : Max. 30° le 5 ; min. 7° le 15.

Extrêmes de pression : Max. 719,2 le 2 ; min. 704,8 le 30.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 16,3.$

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

λ. 6°38'. G. β. 46°31'. H. 555,8. h. 1^m10. H'. 549.

Humidité relative.			Pluie mm.	Heures de soleil	Évapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date
7 h.	4 h.	Moyennes					
—	58	—	—	10,0	3,2	5	1
75	54	—	—	14,1	2,1	0	2
70	44	—	—	14,0	4,1	0	3
68	45	—	—	13,3	3,9	0	4
65	42	—	—	13,3	4,9	0	5
65	42	—	—	9,2	4,2	5	6
91	62	—	5,0	8,0	2,8	5	7
85	50	—	—	8,2	1,4	Orage à 2 h. 10, écl.	5 8
97	82	—	5,0	1,2	1,6	au SW, direction	10 9
75	48	—	9,0	6,1	2,0	du SW au NE.	7 10
78	54	—	—	10,1	2,3		5 11
84	52	—	—	14,0	2,8		1 12
75	44	—	—	6,1	2,0	[Dent d'Oche.	8 13
93	87	—	4,0	—	0,3	Chûte de neige sur	9 14
72	42	—	17,5	12,1	2,7	Orage à minuit 30.	5 15
72	60	—	8,0	—	1,3	[grêle.	10 16
86	61	—	2,0	0,1	1,1		10 17
90	60	—	1,0	3,0	1,2		10 18
70	52	—	—	12,3	3,7		3 19
82	57	—	3,0	6,0	1,2		7 20
88	51	—	1,0	7,3	1,8		8 21
85	58	—	—	6,1	2,1		5 22
80	57	—	—	4,3	2,1		5 23
89	55	—	—	10,1	1,3		5 24
77	85	—	4,5	0,2	1,0		9 25
89	55	—	5,0	8,3	1,9		4 26
87	51	—	8,0	12,2	2,1		4 27
98	62	—	8,5	4,3	1,8		9 28
87	65	—	15,0	0,2	1,1		10 29
88	78	—	—	0,1	1,0		10 30
			96,5	220,2	64,0		Moyen.

		Dates : 1. 5. 8. 12. 15. 19. 22. 26. 29.									
Température du sol	1 ^m	14,9	16,1	17,2	17,0	17,0	16,2	16,0	16,6	16,6	
	0 ^m 5	16,7	19,4	20,3	19,2	18,4	17,0	18,0	18,4	18,4	
	0 ^m 25	17,6	22,4	21,8	20,4	18,0	16,7	19,0	19,6	18,4	

Station centrale d'essais viticole.

Mois de JUILLET 1888.

Observateur : D. VA

Date	Thermomètre						Baromètre à zéro			
	7 h.	4 h.	9 h.	Moyennes	Max.	Min.	7 h.	4 h.	9 h.	Mo
1	13,6	18,1	10,9	14,2	19,0	10,4	710,7	712,7	714,5	7
2	11,7	18,1	14,7	14,8	20,5	7,5	16,0	16,3	15,3	
3	14,7	18,2	15,2	16,0	21,5	12,5	13,4	12,5	12,2	
4	11,6	14,4	12,7	12,9	16,0	11,6	10,3	09,2	08,5	
5	13,7	14,5	15,1	14,4	20,5	12,5	07,1	07,9	07,9	
6	14,5	17,7	15,7	16,0	20,5	11,7	09,5	10,3	10,5	
7	14,9	20,9	12,2	16,0	23,0	12,9	11,8	12,2	13,3	
8	13,8	17,9	14,0	15,2	21,5	12,2	13,7	14,4	14,3	
9	14,7	17,8	14,3	15,6	20,5	12,2	14,8	16,0	15,6	
10	14,0	19,5	15,9	16,5	21,5	9,6	14,6	14,7	13,0	
11	12,6	13,1	11,9	12,5	19,5	12,6	10,7	10,0	12,9	
12	10,3	14,4	10,7	11,8	17,0	7,3	14,7	15,0	16,6	
13	11,1	14,7	10,2	12,0	17,5	9,3	16,1	16,3	16,5	
14	11,4	18,9	15,7	15,3	22,5	7,0	15,6	14,6	12,1	
15	14,3	21,1	16,3	17,2	24,0	10,7	10,6	10,0	08,5	
16	15,5	14,7	11,7	13,9	17,5	14,5	06,4	04,5	05,3	
17	13,6	14,0	11,8	13,1	18,0	9,5	04,9	05,3	05,3	
18	12,3	14,9	13,7	13,6	18,0	11,6	05,8	06,7	07,6	
19	11,5	16,7	14,3	14,2	19,0	11,4	09,4	10,2	12,0	
20	12,5	16,5	—	14,5	20,0	11,7	13,5	14,6	15,0	
21	15,5	21,3	16,6	17,8	24,0	11,1	15,4	15,6	15,2	
22	16,1	24,3	18,8	19,7	26,0	12,6	15,2	14,7	13,1	
23	20,2	21,2	18,3	19,9	23,5	15,7	12,3	11,1	12,9	
24	17,5	21,7	17,0	18,7	24,5	14,5	14,6	15,3	14,5	
25	17,1	25,8	22,4	21,8	27,5	14,0	14,6	13,4	11,5	
26	15,1	22,1	16,7	17,9	24,0	15,1	14,0	13,9	14,8	
27	15,9	22,8	18,0	18,9	24,5	12,6	14,6	13,2	11,5	
28	15,3	18,8	14,9	16,3	21,0	15,0	11,4	12,6	14,1	
29	12,8	18,5	15,2	15,5	20,5	12,1	13,9	12,8	12,0	
30	14,9	22,7	18,5	18,7	26,0	12,9	11,3	08,3	07,2	
31	12,2	14,4	12,0	12,9	18,5	11,6	12,8	13,1	13,8	
Moyen.	14,7	18,4	14,8	15,7			712,3	712,2	712,2	7
Vents	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.		
Fréquence .	4	2	6	2	7	25	16	0		
Vitesse . . .	2,7	0,7	4,1	1,9	6,1	10,1	6,6	0		

Extrêmes de température : Max. 27°5 le 25 ; min. 7° le 14.

Extrêmes de pression : Max. 716,6 le 12 ; min. 704,9 le 17.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

6°38'. G. β. 46°31'. H. 555,8. h. 1^m10. H'. 549.

Humidité relative			Pluie mm.	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date
7 h.	4 h.	Moyennes					
83	49		6,5	5,1	1,1	Eclairs à 11 h. 30 a.m.	7 1
69	42		—	13,2	2,0		4 2
78	63		8,5	2,3	1,3		9 3
98	78		19,0	—	0,8		10 4
90	73		2,0	2,3	1,3		10 5
75	57		4,0	4,3	2,0		8 6
85	54		22,5	5,1	1,8	Eclairs au NW. à	8 7
87	62		1,0	7,1	1,2	[7 h. 30.	5 8
71	55		—	10,0	2,7		3 9
77	46		1,0	8,2	2,1		4 10
95	83		4,0	4,1	1,4		8 11
70	53		—	9,0	2,8		8 12
75	54		0,5	2,3	1,9		6 13
77	50		—	13,3	2,0		1 14
90	50		—	9,3	2,1		7 15
88	100		10,5	—	0,8		9 16
85	77		10,0	5,1	1,0	Orage à 9 h. 20, p.m.	9 17
87	68		1,5	2,0	1,3	[pluie abondante.	8 18
95	66		5,5	4,3	1,1		8 19
96	72		0,5	2,0	1,0		7 20
91	55		—	12,2	2,0		3 21
88	49		—	12,1	2,6		3 22
70	55		1,0	2,3	2,1		7 23
81	62		0,5	8,1	1,3	[et NE.	4 24
90	56		15,5	12,0	2,1	Eclairs au N., NW.	4 25
100	60		0,5	8,3	2,9	Ecl. du N. à l'E. à 12.35 a.m.	7 26
81	51		5,5	12,3	2,2	Eclairs au N. et à l'E.	4 27
95	54		1,0	9,0	2,8		7 28
70	55		1,0	1,2	1,9		6 29
85	52		24,0	9,2	2,0	Orage dep. 9.15 p. m.	7 30
85	74		31,0	—	0,1		9 31
			169,0	191,3	53,7		Moyen.

Dates : 3. 6. 10. 13. 17. 20. 24. 27. 31.

Température } 1^m 16,1 15,8 16,4 16,4 16,2 16,0 16,4 17,2 17,2
 du sol } 0^m 5 17,4 16,8 18,0 17,4 17,2 16,8 18,0 19,2 18,6
 } 0^m25 17,9 17,4 18,8 16,9 17,4 16,7 19,4 20,1 18,8

Des éclairs ont été vus de la Station les 1, 7, 17, 25, 26, 27 et 30. —
 Des orages ont passé près de la Station le 17 à 9 h. 20 du soir, pluie
 abondante ; le 26, à minuit 35, l'orage marchait du N. à l'E. ; le 27,
 journée très orageuse, éclairs, tonnerre depuis minuit 20 ; orages
 nombreux pendant la nuit et la journée ; le 30, orage avec forte pluie
 depuis 9 h. 15 du soir. — Le 31, journée très pluvieuse dès minuit.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois d'AOUT 1888.

Observateur : D. VAL

Date	Thermomètre						Baromètre à zéro			
	7 h.	4 h.	9 h.	Moyennes	Max.	Min.	7 h.	4 h.	9 h.	Moy
1	13,1	20,5	16,3	16,6	21,5	12,0	714,4	714,3	713,3	714
2	11,0	10,5	10,2	10,6	12,0	10,4	13,3	15,1	17,3	14
3	10,7	15,2	11,7	12,5	19,5	8,5	18,1	19,2	18,3	17
4	10,9	18,6	13,9	14,5	21,0	8,4	18,6	18,7	17,9	18
5	12,8	11,1	11,4	11,8	14,0	9,5	14,6	13,2	12,7	13
6	8,9	15,4	9,6	11,3	17,0	7,2	16,1	17,4	18,6	14
7	11,1	17,5	13,8	14,1	20,0	9,0	18,3	18,1	18,6	17
8	13,1	21,0	17,3	17,1	22,0	10,5	19,4	19,4	19,3	19
9	13,9	22,3	16,4	17,5	24,5	11,5	19,8	20,4	20,0	20
10	15,7	25,3	18,8	19,9	27,5	12,5	20,5	21,2	20,3	21
11	17,9	24,7	18,0	20,2	28,0	13,5	20,8	20,2	19,2	22
12	17,1	25,3	19,2	20,5	28,0	13,6	18,7	17,2	16,7	18
13	17,3	27,3	20,1	21,6	28,0	14,5	16,7	16,8	16,3	17
14	18,4	27,3	23,0	22,9	29,0	14,6	17,9	19,3	16,6	18
15	19,1	27,1	20,5	22,2	30,0	16,3	15,6	14,6	13,6	16
16	19,2	23,6	18,6	20,5	26,5	17,2	14,0	13,5	12,1	14
17	16,3	17,5	14,9	16,2	20,5	14,7	09,8	08,0	05,6	0
18	12,0	15,6	11,1	12,9	18,0	11,8	10,8	13,7	16,6	1
19	11,2	18,7	13,7	14,5	20,5	9,9	17,1	17,2	16,2	1
20	12,3	20,1	16,2	16,2	22,5	9,5	15,7	15,3	13,6	1
21	15,3	16,7	15,6	15,9	22,5	14,4	13,1	13,9	12,9	1
22	14,1	18,3	14,0	15,5	22,5	14,1	11,0	13,0	16,5	1
23	12,5	19,7	13,7	15,3	22,0	10,5	16,5	15,5	14,4	1
24	13,3	21,9	15,9	17,0	23,5	10,3	13,9	12,4	10,7	1
25	15,0	14,7	13,1	14,3	18,0	13,6	11,7	12,7	12,6	1
26	13,5	18,8	15,0	15,8	21,0	12,1	12,9	13,5	14,8	1
27	15,1	20,0	16,3	17,1	22,5	14,8	15,2	15,9	15,5	1
28	15,4	22,5	16,3	18,1	24,5	13,4	15,9	15,4	14,1	1
29	15,3	20,5	17,0	14,3	23,5	13,0	14,9	15,4	15,3	1
30	16,1	20,8	13,8	16,9	22,5	14,5	15,2	15,7	16,6	1
31	11,1	18,9	13,0	14,3	22,0	11,0	17,9	18,1	18,0	1
Moyen.	14,1	19,9	15,4	16,5			715,8	715,9	715,6	71
Vents	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Ca	
Fréquence .	12	5	3	8	7	15	10	2	1	
Vitesse . . .	7,3	1,1	3,4	3,1	3,1	5,1	6,6	0,5		

Extrêmes de température : Max. 30° le 15 ; min. 7° le 9.

Extrêmes de pression : Max. 721,2 le 10 ; min. 705,6 le 17.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

λ. 6°38' G. β. 46°31'. H. 555,8. h. 1^m10. H'. 549.

Humidité relative			Pluie mm.	Heures de soleil	Évapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date
7 h.	4 h.	Moyennes					
95	56		4,0	10,1	1,3	11 h. p.m. Eclairs et tonnerre NE. et S. grêle à 11 h. 02.	1
88	83		14,5	—	0,8		2
87	57		7,5	8,0	1,8		3
86	59		—	13,1	2,0	Orage.	4
86	90		7,0	0,1	1,0		5
80	50		—	5,1	1,2		6
81	50		—	8,0	1,8		7
87	49		—	13,0	4,0		8
80	53		—	13,2	2,0		9
86	53		—	13,2	2,2		10
79	53		—	13,1	3,1		11
83	48		—	13,2	2,9		12
80	44		—	13,0	3,0		13
80	47		—	13,0	2,2		14
87	53		1,5	11,3	3,9	Orage, éclairs dans les 8 directions.	15
80	54		—	10,3	2,9		16
82	78		9,5	0,3	1,0	Orage à 4 h. p.m., jusqu'à 6 h. pluie.	17
88	55		—	4,0	2,1		18
82	52		—	13,0	2,3		19
89	56		—	8,0	1,3		20
85	89		24,0	3,0	0,7		21
95	63		4,0	5,2	2,0	Pluies orageuses le matin.	22
85	55		—	11,1	1,4		23
87	66		0,5	12,2	1,8		24
100	95		9,5	—	0,9		25
91	68		—	0,3	1,2		26
85	65		—	4,0	1,9		27
82	62		—	10,0	1,8		28
95	61		—	5,0	1,3		29
87	58		2,0	1,1	1,7	[SE., depuis 8 h. p.m.	30
85	54		0,5	—	2,1	Eclairs au NE., E. et	31
			84,5	239,1	60,6		Moyen.

Dates : 3. 7. 10. 14. 17. 21. 24. 28. 31.

Température du sol { 1^m 16,8 16,5 16,4 17,5 18,2 17,5 17,7 17,4 17,4
 { 0^m5 17,4 16,6 17,6 20,2 21,0 18,8 18,9 18,5 18,7
 { 0^m25 16,4 15,8 19,2 22,1 22,0 19,2 19,2 18,6 18,8

Des éclairs ont été observés de la Station les 1, 5, 15, 17 et 31.

Le tonnerre a été entendu les 1, 5, 15 et 17.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de SEPTEMBRE 1888.

Observateur : D. V.

Date	Thermomètre						Baromètre à zéro		
	7 h.	4 h.	9 h.	Moyennes	Max.	Min.	7 h.	4 h.	9 h.
1	11,4	8,0	7,5	9,0	13,5	10,6	717,3	717,3	717,2
2	8,1	14,0	10,6	10,9	16,5	7,4	16,3	16,8	16,3
3	9,5	16,1	12,0	12,5	19,0	7,0	14,5	13,7	13,4
4	11,2	19,7	15,2	15,4	21,5	9,5	13,7	14,5	15,8
5	14,3	21,5	16,0	17,3	24,0	11,5	18,4	19,2	19,5
6	15,5	21,5	17,3	18,1	24,0	13,8	19,6	18,7	17,1
7	16,1	22,3	16,3	18,2	24,0	15,0	16,5	16,4	14,5
8	10,3	14,6	10,9	11,9	16,5	10,3	15,5	16,2	15,2
9	11,1	14,1	12,1	12,4	17,5	8,8	13,7	12,7	14,3
10	12,1	15,7	13,0	13,6	17,0	11,3	15,8	16,8	17,6
11	11,7	19,6	14,5	15,2	22,0	11,7	19,4	19,7	19,8
12	12,1	18,5	14,4	15,0	21,5	10,6	21,2	21,9	22,1
13	14,5	17,3	13,9	15,2	19,5	14,3	21,7	21,7	20,9
14	14,6	20,3	16,1	17,0	22,5	13,9	20,1	19,9	18,8
15	14,1	20,6	15,9	16,9	22,5	13,0	18,8	18,5	18,0
16	14,1	22,5	18,2	18,2	24,5	12,2	17,5	16,9	15,5
17	13,9	19,7	14,7	16,1	23,6	13,9	14,0	14,1	13,9
18	14,4	19,6	15,0	16,3	20,4	13,7	13,3	12,9	14,1
19	13,8	17,4	13,2	14,8	19,8	13,4	14,9	15,6	15,6
20	13,8	18,7	13,8	15,4	20,9	13,1	15,7	15,6	15,7
21	13,8	18,8	14,3	15,6	21,3	13,5	17,0	17,2	16,7
22	13,2	20,9	14,2	16,1	22,4	11,9	17,1	17,4	16,8
23	13,7	21,9	16,0	17,2	24,0	11,7	17,4	16,8	16,3
24	16,0	21,6	14,0	17,2	23,4	13,3	15,7	13,6	11,6
25	13,7	16,6	13,3	14,5	18,0	13,6	12,1	12,6	15,0
26	13,7	20,7	15,2	19,9	22,2	11,8	14,3	15,0	15,7
27	13,4	20,1	14,7	16,1	21,5	12,4	16,6	16,4	15,8
28	12,2	19,7	13,7	15,2	20,7	11,7	16,7	16,6	16,2
29	12,6	14,7	14,5	13,9	17,0	11,2	14,9	14,0	11,9
30	14,4	14,5	10,3	13,1	?	14,0	07,2	06,2	07,7
Moyen.	13,1	18,4	14,2	15,3			716,2	716,2	716,0
Vents	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	
Fréquence	15	8	6	10	10	8	2	—	
Vitesse . . .	4,1	1,5	1,2	3,1	4,4	4,8	13,5	—	

Extrêmes de température : Max. 24°5 le 16 ; min. 7° le 3.

Extrêmes de pression : 722,1 le 12 ; min. 706,2 le 30.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

48°38'. G. β. 46°31'. H. 555,8. h. 1^m10. H'. 549.

Humidité relative			Pluie mm.	Heures de soleil	Évapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date
h.	1 h.	Moyennes					
88	91		2,2	—	1,0	Orage de 9 h. 45 à 11 h.	8 1
89	72		—	4,3	1,2	au NNE.	4 2
90	63		—	11,0	1,7	Rosée.	0 3
91	66		—	7,2	2,0	Rosée.	2 4
92	53		—	10,3	1,2	Rosée.	0 5
93	58		5,0	2,1	1,0	A 9 h. soir, écl. au S.	6 6
94	65		29,5	4,1	2,2	Pluie pendant la nuit.	8 7
95	55		—	3,1	1,0	Forte bise.	5 8
96	63		0,5	6,1	0,2		7 9
97	82		22,0	—	2,0		10 10
98	61		—	8,0	1,8		5 11
99	65		—	6,2	0,3		6 12
100	74		0,5	—	0,9		8 13
101	70		—	4,2	1,0	[h. a.m.	5 14
102	75		—	3,3	1,2	Brouillards épais à 7	5 15
103	65		5,5	7,2	2,7	Orage à 4 h. a.m.	3 16
104	52		—	—	2,1		5 17
105	65		—	8,0	2,0		1 18
106	73		—	—	1,1		7 19
107	64		—	5,1	1,0		6 20
108	67		—	7,0	1,0		4 21
109	63		—	7,3	1,2		3 22
110	55		—	9,2	1,1		4 23
111	60		26,5	7,0	0,8	Eclairs depuis 7 h. 30.	6 24
112	75		2,5	—	1,1		10 25
113	67		—	6,3	0,9		7 26
114	68		0,2	5,1	1,0		5 27
115	65		—	6,1	0,1		6 28
116	84		20,0	—	0,9		10 29
117	90		16,0	—	1,1	Eclairs à 4 h. vent, [pluie, tonnerre.	9 30
			150,2	146,2	36,8		Moyen.

Dates : 4. 7. 11. 14. 18. 21. 25. 28.

Température du sol	1 ^m	16,6	16,8	16,7	16,6	16,8	16,8	16,6	16,6
	0 ^m 5	17,0	18,0	17,2	17,5	18,0	17,6	17,8	17,6
	0 ^m 25	17,0	18,9	16,9	17,6	18,3	17,9	17,9	17,6

Le premier, orage au N., NE. et NW. Grêle à Bussigny et à Morges,
Le 24, éclairs depuis 7 h. 30, coups de tonnerre violents à 9 h. 40.
Pluie à 9 h. 42.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois d'OCTOBRE 1888.

Observateur : D.

Date	Thermomètre						Baromètre à 2		
	7 h.	4 h.	9 h.	Moyennes	Max.	Min.	7 h.	4 h.	9 h.
1	—	14,6	10,9	12,7	16,5	—	—	706,2	704,7
2	10,4	12,7	13,5	12,2	15,6	10,4	700,1	697,5	699,7
3	12,0	6,8	7,1	8,6	13,1	12,0	00,5	703,9	708,0
4	6,6	14,5	10,1	10,4	16,0	5,3	08,3	08,2	08,2
5	8,7	12,7	8,6	10,0	14,0	8,6	07,9	08,4	08,9
6	2,7	7,6	4,6	4,9	11,0	1,8	10,8	10,9	09,0
7	2,5	4,5	2,9	3,3	6,0	2,5	09,9	11,6	12,4
8	1,7	4,5	1,8	2,7	6,0	1,7	09,8	09,1	08,2
9	2,6	6,1	5,1	4,6	7,0	1,8	07,0	07,8	09,5
10	2,7	5,5	6,6	4,9	6,6	2,7	10,9	12,7	15,3
11	5,6	10,5	6,7	7,6	12,5	4,8	15,8	16,2	16,5
12	4,0	11,8	4,4	6,7	13,5	2,6	16,6	16,6	16,3
13	4,6	10,6	—	—	13,0	2,5	13,3	11,3	09,8
14	3,9	8,1	3,5	5,2	9,0	3,9	08,0	09,6	14,0
15	2,5	7,7	4,0	4,7	8,5	2,4	15,3	16,4	18,0
16	2,3	10,7	5,0	6,0	12,5	1,5	18,8	19,0	18,8
17	3,7	10,1	4,6	9,5	12,5	3,7	16,8	16,6	16,4
18	5,1	10,1	3,6	12,9	11,0	4,6	15,5	15,1	15,3
19	4,0	6,9	3,4	4,8	9,0	3,1	15,7	16,9	17,4
20	—1,0	6,3	—	—	9,0	—1,0	18,8	19,5	20,4
21	0,8	8,3	2,2	3,8	10,0	0,5	20,5	21,1	20,3
22	1,7	10,2	4,4	5,4	12,0	0,9	19,9	19,1	19,3
23	2,3	10,6	4,0	5,6	12,0	1,6	18,6	19,0	19,3
24	2,7	12,5	6,7	7,3	14,0	1,7	18,8	18,6	18,4
25	4,1	14,3	7,2	8,5	15,5	3,4	18,9	19,5	20,9
26	4,4	13,2	5,8	7,5	15,0	4,0	21,4	22,8	24,1
27	4,5	13,7	6,9	8,4	15,5	4,0	25,0	25,3	25,2
28	3,6	13,3	6,6	7,8	14,5	3,2	25,5	25,6	25,3
29	4,3	13,9	6,2	8,1	15,5	3,0	24,5	22,9	23,0
30	4,1	14,9	7,5	8,8	16,0	4,0	21,2	19,7	18,9
31	6,2	14,0	7,1	9,1	16,0	3,7	18,6	16,0	14,2
Moyen.	4,0	10,4	5,9	6,8			715,1	714,9	715,3
Vents	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW	
Fréquence	20	8	4	10	4	10	2	3	
Vitesse	13,6	6,0	5,8	5,1	6,3	9,2	22,2	4,6	

Extrêmes de température : Max. 16°5 le 1^{er} ; min. — 1,0 le 20.

Extrêmes de pression : Max. 725,6 le 28 ; min. 697,5 le 2.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

38'. G. β. 46°31'. H. 555,8. n. 1^m10. H' 549.

Humidité relative		Pluie mm.	Heures de soleil	Évapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date
1 h.	Moyennes					
65		15,5	3,2	0,1		1
90		95,0	—	—	Pluie exceptionnelle	2
85		56,5	—	1,8	pendant 36 heures,	3
59		—	—	2,0	du 2 au matin au 3	4
52		8,5	5,0	1,0	à 3 h. ap. m.	5
54		11,0	3,2	0,3		6
85		4,0	—	0,7		7
77		1,0	2,2	0,3	Flocons de neige à 7 h.	8
71		3,5	—	0,7	Neige s ^r Tr de Gourze	9
82		2,0	—	0,4		10
65		—	1,0	0,8		11
66		—	8,3	1,0	Rosée.	12
61		4,0	4,0	2,0	id.	13
62		—	6,2	1,8		14
58		—	9,3	1,3	Eau gelée sur les toits.	15
58		—	9,2	0,9		16
66		—	4,1	1,0		17
65		—	5,0	1,3		18
72		—	—	0,9		19
57		—	7,3	0,8		20
73		—	5,0	0,3	Gelée blanche.	21
66		—	6,0	0,9		22
64		—	8,0	0,9		23
60		—	6,2	1,1	Gelée blanche.	24
58		—	8,1	1,0	Rosée.	25
55		—	9,1	1,0	id.	26
62		—	9,0	0,8	id.	27
60		—	9,1	1,0	id.	28
60		—	8,0	1,3	id.	29
45		—	9,1	1,1	id.	30
48		—	9,3	—	id.	31
		201,0	159,1			Moyen.

Dates : 2. 5. 9. 12. 16. 19. 23. 26. 30.

Température du sol	1 ^m	16,0	14,3	13,3	12,4	11,7	11,0	10,4	10,2	10,0
	0 ^m 5	16,0	14,1	11,8	11,0	10,4	9,9	9,2	9,5	9,6
	0 ^m 25	15,0	13,0	8,8	9,3	8,3	8,3	7,9	8,7	8,9

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de NOVEMBRE 1888.

Observateur : D. VA

Date	Thermomètre						Baromètre à zéro			
	7 h.	4 h.	9 h.	Moyennes	Max.	Min.	7 h.	4 h.	9 h.	Mo
1	6,1	13,1	7,5	8,9	15,5	3,9	710,8	707,5	704,5	70
2	5,7	7,8	4,1	5,9	9,5	5,5	00,0	699,8	02,7	0
3	3,7	5,9	5,2	4,9	7,0	3,5	05,0	07,2	10,1	0
4	1,7	11,2	4,1	5,7	12,0	1,7	11,9	12,2	12,0	0
5	4,5	10,3	3,7	6,2	12,0	3,5	11,5	10,3	09,4	1
6	3,5	5,1	2,0	3,5	8,0	3,2	08,2	06,3	04,6	0
7	1,5	4,3	3,6	3,1	5,5	1,2	05,7	06,7	08,6	0
8	4,1	6,8	4,1	5,0	8,0	3,5	10,9	11,5	11,5	0
9	2,8	5,5	2,0	3,4	7,0	2,5	09,5	07,9	08,2	0
10	2,6	4,5	2,9	3,3	5,0	2,0	09,0	10,6	12,9	1
11	2,9	5,9	4,2	4,3	7,0	2,5	14,2	14,8	14,8	1
12	4,0	6,4	4,8	4,9	8,0	4,0	13,2	11,7	09,8	1
13	4,8	6,1	5,5	5,5	7,0	4,0	07,6	07,8	07,0	0
14	5,1	8,5	6,2	6,6	10,0	5,1	10,7	13,1	16,7	2
15	6,7	8,2	7,2	7,4	9,0	5,6	19,5	21,5	23,7	2
16	5,9	8,1	4,0	6,0	9,5	5,9	23,4	23,0	22,8	2
17	5,1	7,0	5,1	5,7	7,5	4,5	22,3	20,9	20,5	2
18	5,3	7,9	5,9	6,4	10,5	4,8	18,5	18,0	18,0	1
19	4,1	10,5	5,2	6,6	11,0	3,2	19,0	19,2	18,8	1
20	3,7	9,1	3,1	5,3	11,5	3,0	17,2	15,7	15,0	1
21	0,7	5,3	3,4	3,1	7,0	-0,3	19,4	20,1	20,8	2
22	2,5	4,7	2,9	3,4	6,0	2,5	21,7	23,8	24,1	2
23	3,1	7,3	5,0	5,1	8,0	1,6	24,9	25,6	25,7	2
24	3,9	5,8	2,4	4,0	6,5	3,9	24,2	24,5	23,1	2
25	-0,1	6,3	0,8	2,3	7,5	-0,1	21,0	19,0	17,9	0
26	0,3	10,6	4,5	5,1	12,0	0,0	16,0	15,4	15,1	1
27	3,7	11,3	8,8	7,9	13,5	2,5	11,5	10,4	09,0	0
28	6,5	10,3	6,3	7,7	11,5	5,5	05,2	04,5	04,8	0
29	3,6	6,2	4,5	4,8	9,0	3,5	02,1	00,0	01,1	0
30	4,9	6,9	4,9	5,6	9,5	3,3	04,2	05,2	07,5	0
Moyen.	3,8	7,6	4,5	5,3			713,3	713,1	713,4	7
Vents	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.		0
Fréquence	14	6	10	7	5	13	4	1		
Vitesse . . .	4,1	4,3	3,7	2,4	4,6	7,8	7,4	4,5		

Extrêmes de température : Max. 15,5 le 1^{er}; min. - 0,3 le 21.

Extrêmes de pression : Max. 725,7 le 23; min. 699,8 le 25.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

N. 8'. G. 3. 46°31'. H. 555,8. h. 1^m10. H' 549.

Humidité relative		Pluie	Heures de soleil	Évapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date
1 h.	Moyennes	mm.				
51		1,0	6,1	0,9	Forte rosée.	5 1
96		24,0	—	0,1		10 2
78		1,0	—	0,2		10 3
57		0,5	8,3	1,1		2 4
58		—	3,3	0,9		7 5
82		10,0	1,0	0,7		7 6
89		2,5	—	0,1		10 7
88		—	—	0,2		10 8
76		—	1,0	0,9	[de Lausanne.	9 9
88		—	—	0,1	Brouillard au-dessus	10 10
85		2,0	—	0,1	id. id.	10 11
96		0,5	—	0,1	Brouillard à 7 h.	10 12
95		1,0	—	0,6	id. puis pluie.	10 13
83		—	—	0,1		8 14
83		—	—	0,1	Brumeux.	10 15
81		—	1,0	0,1	Brumeux.	10 16
90		1,0	—	0,1	Brouillard depuis 4 h.	10 17
85		0,5	1,2	0,8		9 18
60		—	7,3	0,8		6 19
70		1,5	2,3	0,4	Pluie.	7 20
69		1,5	1,3	0,8		6 21
90		6,0	—	0,1		9 22
70		—	0,2	0,8		9 23
66		—	—	0,3		6 24
73		—	7,3	0,7		1 25
47		—	8,1	1,2	F. gelée blanche.	1 26
53		—	7,0	1,3	Peu de gelée blanche.	1 27
65		13,0	—	0,9		10 28
88		3,5	—	0,2	De 1 h. à 1 h. 45, le ba-	8 29
62		1,5	1,2	1,1	romètre baisse de	9 30
					700 à 698,8.	
		71,0	60,2	14,8		Noyeu.

Dates :		2.	6.	9.	13.	16.	20.	23.	27.	30.
Température du sol.	1 ^m	9,9	9,5	9,1	8,6	8,6	8,6	8,4	7,6	7,4
	0 ^m 5	9,6	8,8	8,3	7,9	8,2	8,2	7,6	6,8	6,8
	0 ^m 25	9,1	7,7	7,3	7,3	8,0	6,4	6,3	5,6	6,2

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de DÉCEMBRE 1888.

Observateur : D. VAL

Date	Thermomètre						Baromètre à zéro			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Max.	Min.	7 h.	1 h.	9 h.	Moy.
1	4,1	6,7	4,7	5,2	9,0	3,7	709,3	710,6	715,7	711,8
2	0,9	7,7	1,9	3,5	9,0	0,7	18,5	19,5	19,6	19,2
3	-0,9	6,3	-0,5	1,6	7,0	-0,9	19,9	20,0	19,5	19,8
4	0,0	1,4	-0,2	0,4	2,5	-1,5	20,0	20,7	21,3	20,7
5	-1,5	3,5	0,0	0,7	4,0	-1,5	21,5	21,2	21,4	21,4
6	0,1	1,7	0,4	0,7	2,5	-1,0	20,9	20,1	19,4	20,1
7	-1,6	-1,5	-1,5	-1,5	0,5	-1,6	19,0	19,3	20,2	19,5
8	-1,2	-0,1	-0,5	-0,6	1,0	-1,2	21,0	21,3	21,7	21,3
9	0,0	2,5	1,0	1,2	4,0	-0,6	21,4	20,3	19,1	20,3
10	1,3	7,7	3,9	4,3	8,5	-0,7	17,5	16,7	16,0	16,7
11	-0,1	3,1	-1,6	0,5	4,5	-0,1	16,2	16,5	17,6	16,4
12	-1,5	0,6	-1,0	-0,6	1,0	-1,5	17,8	18,6	20,2	18,8
13	-2,7	-2,4	-2,5	-2,5	3,5	-2,7	21,0	21,2	21,1	21,1
14	-2,3	-1,0	-2,5	-1,9	2,5	-2,5	21,5	21,5	20,8	21,3
15	-2,8	0,5	-2,1	-1,5	2,5	-3,4	20,8	19,3	18,9	19,7
16	-3,2	0,9	-3,0	-1,8	2,0	-3,2	19,4	19,9	20,2	19,8
17	-2,9	0,9	-1,8	-1,3	1,5	-4,0	20,3	20,6	20,2	20,4
18	-2,2	-0,6	-1,1	-1,3	1,0	-3,8	19,1	18,3	18,8	18,7
19	-0,4	1,3	1,0	0,6	1,5	-1,1	17,3	16,4	13,5	15,7
20	1,3	4,3	1,0	3,2	4,5	0,7	11,0	09,6	09,3	10,6
21	0,7	3,0	-0,1	1,2	3,5	0,0	07,4	04,9	00,6	07,6
22	-0,1	2,4	1,5	1,3	5,0	-1,1	697,2	00,1	00,3	06,1
23	2,2	6,9	1,1	3,4	9,5	2,0	700,4	03,7	07,9	707,3
24	2,8	7,7	1,5	4,0	9,5	0,5	11,7	12,1	11,2	11,7
25	5,1	9,9	3,7	6,2	10,5	0,5	11,3	12,1	12,8	11,4
26	5,4	6,2	3,0	4,9	7,0	3,3	12,3	11,9	15,3	13,8
27	1,4	6,7	0,4	2,8	8,0	0,8	15,9	15,0	14,1	15,0
28	1,3	3,2	0,7	1,7	4,0	0,3	12,4	11,4	10,7	11,5
29	0,1	2,0	1,3	0,8	3,5	-0,5	09,9	09,7	09,9	09,8
30	0,3	1,4	1,5	1,7	2,0	0,3	09,4	09,5	10,2	9,9
31	-0,5	6,4	0,6	2,2	7,0	-0,5	11,3	11,6	12,1	11,7
Moyen-	0,1	3,3	0,4	1,3			715,2	715,4	715,5	711,8
Vents	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	C.	
Fréquence	9	5	4	23	4	11	3	3		
Vitesse	7,8	5,8	2,2	3,1	6,4	5,1	3,9	0,8		

Extrêmes de température : Max. 10,5 le 25 ; min. — 4,0 le 17.

Extrêmes de pression : Max. 721,4 le 5 ; min. 697,2 le 22.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

58'. G. β. 46°31'. H. 555,8. h. 1^m10. H' 549.

Humidité relative			Pluie mm.	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date
n.	1 h.	Moyennes					
3	74		0,5	1,0	0,8		1
2	60		—	8,1	1,0	Gelée blanche.	2
9	74		—	7,1	0,2	id.	3
0	95		—	—	0,1	Brouillard.	4
0	80		—	2,1	—	id.	5
0	90		—	—	1,6	id.	6
8	90		—	—	0,1	id.	7
8	97		—	—	—	id.	8
7	85		—	0,1	—	id.	9
6	75		—	5,1	—	id. le matin.	10
5	73		—	2,3	0,2		11
5	68		—	—	1,0		12
3	67		—	4,2	0,8		13
5	75		—	5,0	0,2		14
0	78		—	2,0	0,1		15
0	77		—	2,0	0,6		16
4	83		—	1,0	0,1	Gelée blanche.	17
6	93		—	—	0,1	id.	18
8	97		—	—	—	Brouillard.	19
9	90		—	—	—	id.	20
7	93		—	—	—	id.	21
7	97		2,5	—	—		22
6	75		—	6,1	0,1		23
6	67		—	8,0	0,7		24
4	62		4,0	3,3	0,3		25
6	96		16,0	—	0,8		26
3	72		—	7,0	0,1		27
4	87		0,5	—	0,1		28
7	95		—	—	0,1		29
6	97		—	—	0,8		30
8	74		—	—	0,1	Gelée blanche.	31
			23,5	66,2	10,7		Moyen.

Dates : 4. 7. 11. 14. 18. 21. 25. 28.

Température du sol. { 1^m 7,0 6,4 6,0 5,7 4,7 4,4 4,6 4,6
 { 0^m5 5,9 5,4 5,0 4,2 3,2 3,4 3,8 4,2
 { 0^m25 4,4 4,8 4,0 2,8 2,0 2,8 3,7 3,7

Les pluies d'octobre 1888.

Les dix premiers jours d'octobre 1888 ont été exceptionnellement pluvieux. A Lausanne, un seul jour, le 4, est signalé sans pluie. La quantité totale d'eau tombée pendant cette période du 1 au 10 est de 197 millimètres; tandis que du 11 au 31 il est tombé seulement 4 mm. de pluie. — Ce sont surtout les trois premiers jours qui ont été exceptionnels par la persistance et l'abondance de la pluie. A Lausanne en particulier, du 2 au matin au 3 dans l'après-midi, il est tombé 151 mm. d'eau; l'observatoire ne possédant malheureusement pas de pluviomètre enregistreur, nous n'avons pu suivre d'une façon assez détaillée l'allure de cette pluie exceptionnelle. En revanche, les observations des nombreuses stations pluviométriques vaudoises, genevoises et de la frontière française permettent de se rendre compte d'une façon approchée de la distribution de la pluie sur nos régions pendant cette période.

La situation météorologique générale a présenté pendant ces journées les caractères suivants: Dès le 30 septembre, toute l'Europe était soumise à l'influence d'une dépression prononcée dont le centre était au N. de Stockholm; une seconde dépression importante était sur le golfe de Gascogne; cette situation très troublée s'accrut les 2 et 3 octobre où l'on n'observe pas moins de quatre centres de dépression sur le NW. de l'Europe et sur le centre. Les hautes pressions ne règnent que sur la mer Noire. Le 4, la distribution est un peu plus égale, mais toujours inférieure à la moyenne; le centre de dépression est sur Christiansund. Le 6 enfin des pressions supérieures à la normale apparaissent sur l'Espagne, elle s'étendent au NW. les 7 et 8, tandis que l'aire de basses pressions se partage en une zone au N. de la Baltique et une zone presque circulaire dont le centre est sur le N. de l'Italie. — Les 9 et 10, cette dépression du sud s'avance vers le N., ramenant un temps couvert et pluvieux, enfin le 11 les hautes pressions de l'O. s'établissent sur l'Europe centrale et méridionale.

En Suisse, le 30 septembre est une journée très pluvieuse et orageuse, on signale des orages à Zurich, à Coire, à Berne, à Heiden, à Gersau et à Lausanne. La pluie est déjà abondante ce jour-là:

Lausanne 16 mm.; Zurich 48; Berne 22; Lucerne 41; Heiden 5

Genève 13; sur les hauteurs la pluie est particulièrement abondante : Righi 60 mm.; Säntis 84. — Ce jour-là, c'est le NE. de la Suisse qui est surtout atteint. Le 1^{er} octobre la pluie diminue dans la plupart des stations; elle est abondante en revanche sur le versant italien, Locarno 10 mm.; Lugano 31.

Le 2 octobre, au contraire, recrudescence exceptionnelle de la chute de pluie, surtout dans la Suisse occidentale; de Berne l'abondance de la chute croît constamment jusqu'à Genève; à Berne on note 97 mm. d'eau, à Lausanne 95 et à Genève 124; ces chiffres ont été comptés du 2 octobre à 7 h. du matin au 3 à 7 h. avant midi. — Dans la Suisse orientale, la pluie quoique abondante l'est pourtant moins que sur nos régions. Le 3 octobre la pluie continue jusqu'au milieu de l'après-midi sur nos régions; à Berne on note 4 mm.; à Lausanne 56,5; à Genève 46 dans les 24 heures. — Les pluies abondantes continuent dans cette journée dans toutes les stations suisses principales. Le 4, la chute aqueuse diminue, le 5 la pluie est de nouveau générale, mais froide et accompagnée de neige jusqu'à 500 mètres sur le versant N. des Alpes et jusqu'à 1100 m. sur le versant S. Cette chute de neige termine la période des pluies exceptionnelles, les journées du 6 et du 7 sont encore pluvieuses et accompagnées de neige pour beaucoup de stations; ainsi à Locarno, la neige descend à 400 mètres, mais la situation générale s'améliore.

Le tableau suivant donne la quantité de pluie tombée du 1^{er} au 7 octobre, telle qu'elle a été notée par un certain nombre de stations suisses, genevoises et françaises :

BASSIN DU RHÔNE.

Stations.	Hauteur d'eau.	Maximum.
Pont de St-Maurice	46	24 le 3
» Collombey	57	32 »
» Chessel	70	36 »
Gryon	51	28 »
Le Sépey	73	36 »
Aigle	67	36 »
Les Avants	112	57 le 2
Vernex	79	51 »
Clarens	104	55 »
Cully	186 ?	119 »
Lausanne	166	95 »
Cossonay	122	78 »

Stations.	Hauteur d'eau.	Maximum.
Morges	155	102 le 2
Gimel	109	73 »
Longirod	100	63 »
Nyon	120	70 »
Genève	184	124 »
Jussy	171	110 »
Satigny	116	72 »
Athenaz	130	89 »
Cruseilles	177	135 »
St-Gingolph	121	95 »

BASSIN DE L'AAR.

L'Etivaz	81	34 le 3
Cuves	104	52 le 2
Moudon	163	100 »
Echallens.	150	84 »
Chalet Capt	107	63 »
Le Carroz.	103	58 »
Le Sentier	101	62 »
Les Mines (Risoux)	143	90 »
Mouthe (Doubs)	92	66 »
Valleyres ^{*/} Rances	84	58 »

On voit d'après ces chiffres que c'est la partie inférieure du bassin suisse du Rhône qui a été le plus fortement atteinte, toutes les stations de Clarens à Genève signalent plus de 100 mm. d'eau pendant ces quatre jours ; le maximum paraît avoir occupé les environs de Genève. Pour toutes les stations situées à l'O. de Verne le maximum diurne a lieu le 2 octobre, à partir de Villeneuve, maximum a lieu un jour plus tard, le 3 octobre.— Sous l'influence de cette chute exceptionnelle, le niveau du lac s'est élevé de 31 cm du 2 octobre à midi au 3 à midi.

REM. Ce mémoire a fait l'objet d'une publication de la Station centrale d'essais viticoles. Editeur

FONCTIONS ABÉLIENNES DU GENRE 3

UN CAS PARTICULIER (SUITE)

PAR

H. AMSTEIN

Le problème de Jacobi.

L'existence de la relation

$$s^4 + z^4 - 1 = 0$$

entre les variables s et z entraîne celle des trois intégrales abéliennes de première espèce (comp. le n° 99 de ce bulletin, p. 9),

$$w_1 = \int_0^z \frac{dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}}, \quad w_2 = \int_0^z \frac{z dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}}, \quad w_3 = \int_0^z \frac{z^2 dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}},$$

dont la limite inférieure 0 est censée être dans la première nappe de la surface de Riemann T' . L'intégrale w_3 est elliptique et l'on a vu (n° 99, p. 43 et suiv.) qu'il est possible de ramener aussi w_1 et w_2 à des intégrales de même nature. En effet, la substitution

$$\zeta = e^{\frac{\pi i}{4}} \frac{z}{s}, \quad \text{ou } z = e^{-\frac{\pi i}{4}} \frac{\zeta}{\sqrt[4]{1-\zeta^4}}, \quad s = \frac{1}{\sqrt[4]{1-\zeta^4}}$$

transforme w_1 en

$$w_1 = e^{-\frac{\pi i}{4}} \int_0^{\zeta} \frac{\zeta d\zeta}{\sqrt[4]{1-\zeta^4}}$$

et la substitution

$$s = \sqrt[4]{1-z^4} \quad \text{ou} \quad z = \sqrt[4]{1-s^4}$$

amène pour w_2 la forme

$$w_2 = - \int_1^z \frac{ds}{\sqrt[4]{1-s^4}} = \int_0^1 \frac{ds}{\sqrt[4]{1-s^4}} - \int_0^z \frac{ds}{\sqrt[4]{1-s^4}} = K_2 - \int_0^z \frac{ds}{\sqrt[4]{1-s^4}},$$

d'où il suit .

$$K_2 - w_2 = \int_0^s \frac{ds}{\sqrt{1-s^4}} .$$

Ecrivant, pour simplifier, w_1 à la place de $e^{\frac{\pi i}{4}} w_1$ et w_2 à la place de $K_2 - w_2$, on voit que, d'après la notation de Gauss, on a

$$\xi = \sinlemn w_1, \quad s = \sinlemn w_2, \quad z = \sinlemn w_3 .$$

(Dans la présente étude, les notations de Jacobi : $\sin am x$, $\cos am x$, $\Delta am x$, de même que celles de Gauss : $\sinlemn x$, etc., seront remplacées par les expressions plus simples $sn x$, $cn x$, $dn x$, conformément à l'usage établi par beaucoup d'auteurs. Lorsque le module k n'est pas indiqué expressément, il est sous-entendu que $k = i$.)

Soit maintenant

$$\left\{ \begin{array}{l} w_1^{(1)} = \int_0^{s_1} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}}, \quad w_1^{(2)} = \int_0^{s_2} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}}, \quad w_1^{(3)} = \int_0^{s_3} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}}; \\ w_2^{(1)} = \int_0^{s_1} \frac{ds}{\sqrt{1-s^4}}, \quad w_2^{(2)} = \int_0^{s_2} \frac{ds}{\sqrt{1-s^4}}, \quad w_2^{(3)} = \int_0^{s_3} \frac{ds}{\sqrt{1-s^4}}; \\ w_3^{(1)} = \int_0^{z_1} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}}, \quad w_3^{(2)} = \int_0^{z_2} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}}, \quad w_3^{(3)} = \int_0^{z_3} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}}. \end{array} \right.$$

Si l'on introduit comme variables des intégrales v_1, v_2, v_3 , définies par les congruences

$$\left\{ \begin{array}{l} v_1 \equiv w_1^{(1)} + w_1^{(2)} + w_1^{(3)}, \\ v_2 \equiv w_2^{(1)} + w_2^{(2)} + w_2^{(3)}, \\ v_3 \equiv w_3^{(1)} + w_3^{(2)} + w_3^{(3)}, \end{array} \right.$$

le problème de Jacobi peut s'énoncer comme il suit : Etant données les valeurs de v_1, v_2, v_3 , trouver algébriquement les valeurs correspondantes de $s_1, z_1 (\zeta_1)$; $s_2, z_2 (\zeta_2)$; $s_3, z_3 (\zeta_3)$.

Or, il est évident que, lorsque les valeurs de v_1, v_2, v_3 sont connues, les valeurs correspondantes qu'affectent n'importe quelles fonctions uniformes de ces variables, par exemple $sn w_1$, $sn w_2$, $sn w_3$, seront parfaitement déterminées. Il s'ensuit que

dans le cas actuel, le problème en question peut être ramené à celui-ci : Étant données les quantités a, b, c , de telle sorte que

$$\begin{cases} \operatorname{sn} v_1 = \operatorname{sn}(w_1^{(1)} + w_1^{(2)} + w_1^{(3)}) = a, \\ \operatorname{sn} v_2 = \operatorname{sn}(w_2^{(1)} + w_2^{(2)} + w_2^{(3)}) = b, \\ \operatorname{sn} v_3 = \operatorname{sn}(w_3^{(1)} + w_3^{(2)} + w_3^{(3)}) = c, \end{cases}$$

et en outre les six relations

$$\operatorname{sn} w_i^{(i)} = e^{\frac{\pi i}{4} \frac{\operatorname{sn} w_3^{(i)}}{\operatorname{sn} w_2^{(i)}}}, \quad \operatorname{sn}^4 w_2^{(i)} + \operatorname{sn}^4 w_3^{(i)} = 1, \quad (i) = 1, 2, 3;$$

déterminer les 9 quantités $\operatorname{sn} w_1^{(i)}, \operatorname{sn} w_2^{(i)}, \operatorname{sn} w_3^{(i)}, (i) = 1, 2, 3$.

On reconnaît immédiatement que les 9 inconnues se réduisent facilement à 3, par exemple à $\operatorname{sn} w_3^{(1)}, \operatorname{sn} w_3^{(2)}, \operatorname{sn} w_3^{(3)}$. La possibilité de la solution étant ainsi hors de doute, on prévoit que la solution elle-même dépend, en dernier lieu, d'une équation du 3^e degré dont les racines sont les valeurs cherchées de z_1, z_2, z_3 .

Voici comment on pourrait poser les premiers jalons sur la voie qui, théoriquement, aboutit au but désiré. Soit, pour abréger l'écriture

$$p_i = \operatorname{sn} w_3^{(i)}, \quad q_i = \operatorname{cn} w_3^{(i)}, \quad r_i = \operatorname{dn} w_3^{(i)}, \quad i = 1, 2, 3.$$

L'application du théorème relatif à l'addition des fonctions elliptiques donne d'abord

$$\operatorname{sn}(w_3^{(1)} + w_3^{(2)}) = \frac{p_1 q_2 r_3 + p_2 q_1 r_1}{1 + p_1^2 p_2^2},$$

puis

$$\begin{aligned} \operatorname{sn}(w_3^{(1)} + w_3^{(2)} + w_3^{(3)}) &= c = \\ &= \frac{\operatorname{sn}(w_3^{(1)} + w_3^{(2)}) \operatorname{cn} w_3^{(3)} \operatorname{dn} w_3^{(3)} + \operatorname{sn} w_3^{(3)} \operatorname{cn}(w_3^{(1)} + w_3^{(2)}) \operatorname{dn}(w_3^{(1)} + w_3^{(2)})}{1 + \operatorname{sn}^2(w_3^{(1)} + w_3^{(2)}) \operatorname{sn}^2 w_3^{(3)}} = \\ &= \frac{(1 + p_1^2 p_2^2)(p_1 q_2 r_3 + p_2 q_1 r_1) q_3 r_3 + p_3 (q_1 q_2 - p_1 p_2 r_1 r_2)(r_1 r_2 + p_1 p_2 q_1 q_2)}{(1 + p_1^2 p_2^2)^2 + (p_1 q_2 r_3 + p_2 q_1 r_1)^2 p_3^2}, \end{aligned}$$

ou bien, en chassant le dénominateur et en ordonnant

$$\begin{aligned} & q_2 r_2 q_3 r_3 (p_1 + p_1^3 p_2^2) + q_1 r_1 q_3 r_3 (p_2 + p_1^2 p_2^3) + \\ & + q_1 r_1 q_2 r_2 (p_3 - p_1^2 p_2^2 p_3 - 2c p_1 p_2 p_3^2) = \\ & = c [(1 + p_1^2 p_2^2)^2 + p_1^2 p_3^2 q_2^2 r_2^2 + p_2^2 p_3^2 q_1^2 r_1^2] - \\ & - p_1 p_2 p_3 (q_1^2 q_2^2 - r_1^2 r_2^2). \end{aligned}$$

Si l'on pose encore pour simplifier

$$\begin{aligned} p_1 + p_1^2 p_2^2 &= A, \quad p_2 + p_1^2 p_2^2 = B, \\ p_3 - p_1^2 p_2^2 p_3 - 2c p_1 p_2 p_3^2 &= C, \\ c[(1 + p_1^2 p_2^2)^2 + p_1^2 p_2^2 q_1^2 r_1^2 + p_1^2 p_2^2 q_1^2 r_1^2] - \\ &- p_1 p_2 p_3 (q_1^2 q_2^2 - r_1^2 r_2^2) = D, \end{aligned}$$

les quantités A, B, C, D sont des fonctions rationnelles de p_1, p_2, p_3 , c'est-à-dire de z_1, z_2, z_3 , car

$$\begin{aligned} q_1^2 r_1^2 &= 1 - p_1^4, \quad q_2^2 r_2^2 = 1 - p_2^4, \quad q_3^2 r_3^2 = 1 - p_3^4, \\ q_1^2 q_2^2 &= (1 - p_1^2)(1 - p_2^2), \quad r_1^2 r_2^2 = (1 + p_1^2)(1 + p_2^2) \end{aligned}$$

et l'équation précédente peut s'écrire

$$Aq_2 r_2 q_3 r_3 + Bq_1 r_1 q_3 r_3 + Cq_1 r_1 q_2 r_2 = D.$$

En la mettant sous la forme

$$\begin{aligned} \text{I. } [A^2 q_2^2 r_2^2 q_3^2 r_3^2 + B^2 q_1^2 r_1^2 q_3^2 r_3^2 - C^2 q_1^2 r_1^2 q_2^2 r_2^2 - D^2]^2 = \\ = 4q_1^2 r_1^2 q_2^2 r_2^2 [ABq_3^2 r_3^2 + CD]^2, \end{aligned}$$

on reconnaît que cette dernière équation est rationnelle en z_1, z_2, z_3 .

D'une manière analogue, on obtient encore deux autres équations pour z_1, z_2, z_3 . En effet, si l'on attribue aux quantités p, q, r la signification

$$p_i = \operatorname{sn} w_i^{(i)}, \quad q_i = \operatorname{cn} w_i^{(i)}, \quad r_i = \operatorname{dn} w_i^{(i)}, \quad i = 1, 2, 3$$

et que l'on remplace dans les équations précédentes c par b , on obtient d'abord une équation II^o en tout semblable à l'équation I, à cela près qu'elle est rationnelle en z_1, z_2, z_3 . A l'aide de la relation $z_i^4 + z_i^4 - 1 = 0$ on peut encore la transformer en une équation II, rationnelle en z_1, z_2, z_3 .

Enfin, si p, q, r signifient

$$p_i = \operatorname{sn} w_i^{(i)}, \quad q_i = \operatorname{cn} w_i^{(i)}, \quad r_i = \operatorname{dn} w_i^{(i)}, \quad i = 1, 2, 3$$

et que l'on remplace c par a , on arrive d'abord à une équation rationnelle en $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ que l'on peut ensuite, au moyen des re-

lations $\zeta_i = e^{\frac{\pi i}{4} \frac{s_i}{s_i'}}$, $s_i'^4 + s_i^4 - 1 = 0$ ramener à une équation III, également rationnelle en s_1, s_2, s_3 .

On est ainsi en possession de trois équations

$$\text{I. } f_1(s_1, s_2, s_3) = 0, \text{ II. } f_2(s_1, s_2, s_3) = 0, \text{ III. } f_3(s_1, s_2, s_3) = 0$$

qui permettent de déterminer s_1, s_2, s_3 en fonction de a, b, c , et l'on sait qu'on n'obtiendra qu'un système de valeurs admissibles pour les trois inconnues.

Les quantités s_1, s_2, s_3 une fois connues, on trouve sans difficulté les valeurs correspondantes de s_1, s_2, s_3 . On a, en effet,

$s_i = m_i \sqrt[4]{1 - s_i'^4}$, où $m_i = \pm 1, \pm i$, suivant la nappe dans laquelle est situé le point s_i , et ces facteurs m_i se déterminent aisément en substituant s_1, s_2, s_3 dans l'équation II°.

Un autre procédé aboutissant à la solution est celui-ci. En opérant une permutation circulaire sur les indices des quantités p, q, r dans l'équation I, on forme deux autres équations I^a et I^b et les trois équations I, I^a I^b ajoutées membre à membre donnent lieu à une nouvelle équation symétrique en s_1, s_2, s_3 . D'une manière analogue et répondant aux données b et a , on pourra établir encore deux autres équations dont l'une est symétrique en s_1, s_2, s_3 et l'autre symétrique en $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$. Celles-ci se transforment aisément en équations symétriques par rapport aux mêmes inconnues s_1, s_2, s_3 . A l'aide de ces trois équations, il doit alors être possible de former une seule équation du 3^e degré en s , dont les racines sont précisément les valeurs cherchées de s_1, s_2, s_3 . Les valeurs correspondantes de s_1, s_2, s_3 se trouvent ensuite comme dans la solution précédente.

Vu la longueur des formules, il ne paraît d'ailleurs guère possible d'effectuer réellement les calculs qui viennent d'être indiqués sommairement.

Quand on passe du sinam aux fonctions $\mathcal{S}$ de Jacobi et vice-versa au moyen de la formule

$$\sqrt{k} \sinam \left(\frac{2Kx}{\pi}, k \right) = \frac{\mathcal{S}_1(x, q)}{\mathcal{S}(x, q)},$$

où

$$K = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}}, \quad K' = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - k'^2 \sin^2 \varphi}},$$

$$\frac{2Kx}{\pi} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}},$$

$$k^2 + k'^2 = 1, \quad q = e^{-\pi \frac{K'}{K}},$$

le paramètre q joue un rôle important. Dans la suite, la connaissance de cette quantité sera très utile, sinon indispensable, de sorte qu'il vaut certainement la peine d'en calculer la valeur pour le cas particulier $k = i$, $k' = \sqrt{2}$.

On a déjà trouvé (n° 99, p. 49)

$$K = \int_0^1 \frac{dz}{\sqrt{1 - z^4}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}} = K,$$

et l'intégrale K' s'obtient de la manière suivante : On a

$$\begin{aligned} K' &= \int_0^1 \frac{dz}{\sqrt{(1 - z^2)(1 - 2z^2)}} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - 2 \sin^2 \varphi}} = \int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - 2 \sin^2 \varphi}} + \\ &+ \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - 2 \sin^2 \varphi}} = \int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - 2 \sin^2 \varphi}} - i \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{2 \sin^2 \varphi - 1}} = A - iB. \end{aligned}$$

Si, dans l'intégrale A , on substitue

$$\sin \varphi = \frac{\sin \psi}{\sqrt{2}}, \quad \text{d'où } d\varphi = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\cos \psi d\psi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \psi}}$$

il vient

$$\begin{aligned} \int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1-2\sin^2\varphi}} &= \frac{1}{\sqrt{2}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos\psi \, d\psi}{\sqrt{1-\frac{1}{2}\sin^2\psi} \sqrt{1-\sin^2\psi}} = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\psi}{\sqrt{1-\frac{1}{2}\sin^2\psi}} = K_2, \end{aligned}$$

tandis que l'intégrale B, à l'aide de la substitution $\varphi = \frac{1}{2}\pi - \varphi_1$, se transforme en

$$\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{2\sin^2\varphi-1}} = - \int_{\frac{\pi}{4}}^0 \frac{d\varphi_1}{\sqrt{2\cos^2\varphi_1-1}} = \int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{d\varphi_1}{\sqrt{1-2\sin^2\varphi_1}} = K_2.$$

Il s'ensuit que

$$K' = (1-i) K_2$$

et par conséquent

$$q = e^{-\pi \frac{K'}{K_2}} = e^{-\pi \frac{(1-i) K_2}{K_2}} = e^{-\pi(1-i)} = -e^{-\pi}.$$

Le problème de Riemann.

Soient v_1, v_2, v_3 des variables définies comme fonctions des trois points $\xi_1(s_1, z_1), \xi_2(s_2, z_2), \xi_3(s_3, z_3)$ par la congruence

$$\left(\int_{\alpha_1}^{\xi_1} dw_h + \int_{\alpha_2}^{\xi_2} dw_h + \int_{\alpha_3}^{\xi_3} dw_h \right) \equiv (v_1, v_2, v_3),$$

où w_1, w_2, w_3 signifient trois intégrales abéliennes de première espèce, dont les modules de périodicité sont $k_1^{(i)}, k_2^{(i)}, k_3^{(i)}$. Conformément à la notion de la congruence, à un seul système de points ξ_1, ξ_2, ξ_3 , correspond une infinité de valeurs de v_1, v_2, v_3 , comprises dans l'expression

$$\left(h \left(v_h + \sum_{i=1}^{i=6} m_i k_h^{(i)} \right) \right),$$

où $m_1, m_2, \dots, m_3$ désignent des nombres entiers quelconques. Or, une fonction des variables v_1, v_2, v_3 , uniforme et en général continue, possédant les six périodes $k_1^{(i)}, k_2^{(i)}, k_3^{(i)}$, est aussi une fonction uniforme des points ξ_1, ξ_2, ξ_3 . Ceci établi, le problème de Riemann peut s'énoncer comme il suit : Etant données des fonctions à six périodes des variables v_1, v_2, v_3 , on demande de les représenter algébriquement par les valeurs qu'affectent s et z dans les trois points ξ_1, ξ_2, ξ_3 . (Comp. Weber, p. 62.)

Au lieu d'aborder immédiatement la solution de ce problème fondamental et de former les fonctions $\mathfrak{F}$ avec les intégrales normales u_1, u_2, u_3 , il est préférable de passer d'abord, à l'aide d'une transformation du 2^d degré, à d'autres intégrales normales u'_1, u'_2, u'_3 qui, introduites dans les fonctions $\mathfrak{F}$, permettent la décomposition de ces fonctions en trois fonctions $\mathfrak{F}$ elliptiques. A cet effet, il est nécessaire d'établir en premier lieu les formules générales pour la transformation des fonctions abéliennes du genre 3.

Soient w_1, w_2, w_3 les trois intégrales de première espèce données et

w_1		w_2		w_3	
$A_1^{(1)}$	$B_1^{(1)}$	$A_1^{(2)}$	$B_1^{(2)}$	$A_1^{(3)}$	$B_1^{(3)}$
$A_2^{(1)}$	$B_2^{(1)}$	$A_2^{(2)}$	$B_2^{(2)}$	$A_2^{(3)}$	$B_2^{(3)}$
$A_3^{(1)}$	$B_3^{(1)}$	$A_3^{(2)}$	$B_3^{(2)}$	$A_3^{(3)}$	$B_3^{(3)}$

leurs modules de périodicité, soient w'_1, w'_2, w'_3 les intégrales transformées et

w'_1		w'_2		w'_3	
$C_1^{(1)}$	$D_1^{(1)}$	$C_1^{(2)}$	$D_1^{(2)}$	$C_1^{(3)}$	$D_1^{(3)}$
$C_2^{(1)}$	$D_2^{(1)}$	$C_2^{(2)}$	$D_2^{(2)}$	$C_2^{(3)}$	$D_2^{(3)}$
$C_3^{(1)}$	$D_3^{(1)}$	$C_3^{(2)}$	$D_3^{(2)}$	$C_3^{(3)}$	$D_3^{(3)}$

leurs modules de périodicité; soient enfin u_1, u_2, u_3 les intégrales normales de première espèce du système primitif, définies par les équations

$$(a) \quad \begin{cases} \pi i w_1 = A_1^{(1)} u_1 + A_2^{(1)} u_2 + A_3^{(1)} u_3 \\ \pi i w_2 = A_1^{(2)} u_1 + A_2^{(2)} u_2 + A_3^{(2)} u_3 \\ \pi i w_3 = A_1^{(3)} u_1 + A_2^{(3)} u_2 + A_3^{(3)} u_3 \end{cases}$$

et u'_1, u'_2, u'_3 les intégrales normales de première espèce du système transformé, données par les équations

$$(b) \quad \begin{cases} \pi i w'_1 = C_1^{(1)} w_1 + C_2^{(1)} w_2 + C_3^{(1)} w_3 \\ \pi i w'_2 = C_1^{(2)} w_1 + C_2^{(2)} w_2 + C_3^{(2)} w_3 \\ \pi i w'_3 = C_1^{(3)} w_1 + C_2^{(3)} w_2 + C_3^{(3)} w_3 \end{cases}$$

Posant pour abrégier

$$\begin{vmatrix} A_1^{(1)}, A_2^{(1)}, A_3^{(1)} \\ A_1^{(2)}, A_2^{(2)}, A_3^{(2)} \\ A_1^{(3)}, A_2^{(3)}, A_3^{(3)} \end{vmatrix} = D$$

et d'une manière analogue

$$\begin{vmatrix} C_1^{(1)}, C_2^{(1)}, C_3^{(1)} \\ C_1^{(2)}, C_2^{(2)}, C_3^{(2)} \\ C_1^{(3)}, C_2^{(3)}, C_3^{(3)} \end{vmatrix} = D',$$

on tire des équations (a) et (b)

$$(c) \quad \begin{cases} u_1 = \frac{\pi i}{D} \begin{vmatrix} w_1, A_2^{(1)}, A_3^{(1)} \\ w_2, A_2^{(2)}, A_3^{(2)} \\ w_3, A_2^{(3)}, A_3^{(3)} \end{vmatrix} \\ u_2 = \frac{\pi i}{D} \begin{vmatrix} A_1^{(1)}, w_1, A_3^{(1)} \\ A_1^{(2)}, w_2, A_3^{(2)} \\ A_1^{(3)}, w_3, A_3^{(3)} \end{vmatrix} \\ u_3 = \frac{\pi i}{D} \begin{vmatrix} A_1^{(1)}, A_2^{(1)}, w_1 \\ A_1^{(2)}, A_2^{(2)}, w_2 \\ A_1^{(3)}, A_2^{(3)}, w_3 \end{vmatrix} \end{cases} \quad (d) \quad \begin{cases} u'_1 = \frac{\pi i}{D'} \begin{vmatrix} w'_1, C_2^{(1)}, C_3^{(1)} \\ w'_2, C_2^{(2)}, C_3^{(2)} \\ w'_3, C_2^{(3)}, C_3^{(3)} \end{vmatrix} \\ u'_2 = \frac{\pi i}{D'} \begin{vmatrix} C_1^{(1)}, w'_1, C_3^{(1)} \\ C_1^{(2)}, w'_2, C_3^{(2)} \\ C_1^{(3)}, w'_3, C_3^{(3)} \end{vmatrix} \\ u'_3 = \frac{\pi i}{D'} \begin{vmatrix} C_1^{(1)}, C_2^{(1)}, w'_1 \\ C_1^{(2)}, C_2^{(2)}, w'_2 \\ C_1^{(3)}, C_2^{(3)}, w'_3 \end{vmatrix} \end{cases}$$

Les modules a_{ik} des fonctions $\mathcal{P}$ relatives au système primitif sont déterminés par les équations

$$(e) \quad \begin{cases} \pi i B_h^{(1)} = A_1^{(1)} a_{1h} + A_2^{(1)} a_{2h} + A_3^{(1)} a_{3h} \\ \pi i B_h^{(2)} = A_1^{(2)} a_{1h} + A_2^{(2)} a_{2h} + A_3^{(2)} a_{3h} \\ \pi i B_h^{(3)} = A_1^{(3)} a_{1h} + A_2^{(3)} a_{2h} + A_3^{(3)} a_{3h}, \quad h = 1, 2, 3 \end{cases}$$

et les modules b_{ik} des fonctions $\mathcal{P}$ relatives au système transformé par les équations analogues

$$(f) \begin{cases} \pi i D_h^{(1)} = C_1^{(1)} b_{1h} + C_2^{(1)} b_{2h} + C_3^{(1)} b_{3h} \\ \pi i D_h^{(2)} = C_1^{(2)} b_{1h} + C_2^{(2)} b_{2h} + C_3^{(2)} b_{3h} \\ \pi i D_h^{(3)} = C_1^{(3)} b_{1h} + C_2^{(3)} b_{2h} + C_3^{(3)} b_{3h}, \quad h = 1, 2, 3. \end{cases}$$

Or, il s'agit actuellement d'opérer la transformation de façon qu'on ait

$$(1) \begin{cases} w_1 = a_1 w'_1 + b_1 w'_2 + c_1 w'_3 + g_1 \\ w_2 = a_2 w'_1 + b_2 w'_2 + c_2 w'_3 + g_2 \\ w_3 = a_3 w'_1 + b_3 w'_2 + c_3 w'_3 + g_3 \end{cases}$$

où g_1, g_2, g_3 signifient des constantes et les a_i, b_i, c_i des multiplicateurs quelconques.

A partir d'ici, on peut suivre presque textuellement le raisonnement qui se trouve développé dans le mémoire de M. L. Königsberger intitulé : « Ueber die Transformation der Abel'schen Functionen erster Ordnung. » (Borchardt's Journal für die reine und angewandte Mathematik, tome 65, p. 335 à 358.)

Si dans les équations (1) on augmente les intégrales w'_1, w'_2, w'_3 des modules de périodicité $C_1^{(1)}, C_1^{(2)}, C_1^{(3)}$ multipliés la première fois par μ_1 et la seconde fois par ν_1 et que l'on désigne les valeurs correspondantes des intégrales normales w'_i dans le premier cas par v'_i , dans le second cas par v_i , on obtient les deux systèmes d'équations

$$(2) \begin{cases} (\pi i w_1) = \\ = \pi i [a_1 w'_1 + b_1 w'_2 + c_1 w'_3 + a_1 \mu_1 C_1^{(1)} + b_1 \mu_1 C_1^{(2)} + c_1 \mu_1 C_1^{(3)} + g_1] = \\ = A_1^{(1)} v'_1 + A_2^{(1)} v'_2 + A_3^{(1)} v'_3, \\ (\pi i w_2) = \\ = \pi i [a_2 w'_1 + b_2 w'_2 + c_2 w'_3 + a_2 \mu_1 C_1^{(1)} + b_2 \mu_1 C_1^{(2)} + c_2 \mu_1 C_1^{(3)} + g_2] = \\ = A_1^{(2)} v'_1 + A_2^{(2)} v'_2 + A_3^{(2)} v'_3, \\ (\pi i w_3) = \\ = \pi i [a_3 w'_1 + b_3 w'_2 + c_3 w'_3 + a_3 \mu_1 C_1^{(1)} + b_3 \mu_1 C_1^{(2)} + c_3 \mu_1 C_1^{(3)} + g_3] = \\ = A_1^{(3)} v'_1 + A_2^{(3)} v'_2 + A_3^{(3)} v'_3; \end{cases}$$

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned}
 (\pi i w_1) &= \\
 &= \pi i [a_1 w'_1 + b_1 w'_2 + c_1 w'_3 + a_1 \nu_1 C_1^{(1)} + b_1 \nu_1 C_1^{(2)} + c_1 \nu_1 C_1^{(3)} + g_1] = \\
 &= A_1^{(1)} v_1 + A_2^{(1)} v_2 + A_3^{(1)} v_3, \\
 (\pi i w_2) &= \\
 (3) \quad &= \pi i [a_2 w'_1 + b_2 w'_2 + c_2 w'_3 + a_2 \nu_1 C_1^{(1)} + b_2 \nu_1 C_1^{(2)} + c_2 \nu_1 C_1^{(3)} + g_2] = \\
 &= A_1^{(2)} v_1 + A_2^{(2)} v_2 + A_3^{(2)} v_3, \\
 (\pi i w_3) &= \\
 &= \pi i [a_3 w'_1 + b_3 w'_2 + c_3 w'_3 + a_3 \nu_1 C_1^{(1)} + b_3 \nu_1 C_1^{(2)} + c_3 \nu_1 C_1^{(3)} + g_3] = \\
 &= A_1^{(3)} v_1 + A_2^{(3)} v_2 + A_3^{(3)} v_3.
 \end{aligned} \right\}
 \end{aligned}$$

Dix autres systèmes d'équations analogues s'obtiendraient en faisant intervenir successivement les modules de périodicité $C_2^{(i)}$, $C_3^{(i)}$, $D_1^{(i)}$, $D_2^{(i)}$, $D_3^{(i)}$ et en même temps d'autres facteurs $\mu_2, \nu_2; \mu_3, \nu_3; \mu'_2, \nu'_2; \mu'_3, \nu'_3$ et enfin d'autres quantités v . Si l'on retranche les équations du système (3) des équations correspondantes du système (2), il vient

$$(4) \quad \left\{ \begin{aligned}
 \pi i (\mu_1 - \nu_1) [a_1 C_1^{(1)} + b_1 C_1^{(2)} + c_1 C_1^{(3)}] &= \\
 &= A_1^{(1)} (v'_1 - v_1) + A_2^{(1)} (v'_2 - v_2) + A_3^{(1)} (v'_3 - v_3) \\
 \pi i (\mu_1 - \nu_1) [a_2 C_1^{(1)} + b_2 C_1^{(2)} + c_2 C_1^{(3)}] &= \\
 &= A_1^{(2)} (v'_1 - v_1) + A_2^{(2)} (v'_2 - v_2) + A_3^{(2)} (v'_3 - v_3) \\
 \pi i (\mu_1 - \nu_1) [a_3 C_1^{(1)} + b_3 C_1^{(2)} + c_3 C_1^{(3)}] &= \\
 &= A_1^{(3)} (v'_1 - v_1) + A_2^{(3)} (v'_2 - v_2) + A_3^{(3)} (v'_3 - v_3)
 \end{aligned} \right.$$

Or, M. Königsberger démontre (p. 343 du travail cité) que les différences des quantités v doivent être de la forme

$$(5) \quad \left\{ \begin{aligned}
 v'_1 - v_1 &= r_{11} \pi i + s_{11} a_{11} + s_{21} a_{12} + s_{31} a_{13} \\
 v'_2 - v_2 &= r_{21} \pi i + s_{11} a_{21} + s_{21} a_{22} + s_{31} a_{23} \\
 v'_3 - v_3 &= r_{31} \pi i + s_{11} a_{31} + s_{21} a_{32} + s_{31} a_{33},
 \end{aligned} \right.$$

où les r_i et s_i signifient des nombres entiers quelconques. En d'autres termes, ces différences doivent être égales à un système de périodes des fonctions $\mathcal{P}$ que l'on peut former avec les intégrales normales données u_1, u_2, u_3 . Des équations analogues existent pour les différences des autres quantités v .

Ecrivant pour abréger

$$\mu_1 - \nu_1 = m_1, \quad \mu_2 - \nu_2 = m_2, \quad \mu_3 - \nu_3 = m_3,$$

$$\mu'_1 - \nu'_1 = m'_1, \quad \mu'_2 - \nu'_2 = m'_2, \quad \mu'_3 - \nu'_3 = m'_3,$$

et posant, afin d'obtenir le facteur commun πi ,

$$a_{ik} = \pi i \tau_{ik}, \quad b_{ik} = \pi i \tau'_{ik},$$

les équations (4) et leurs analogues, à l'aide des relations (5), peuvent se mettre sous la forme

$$(6) \left\{ \begin{aligned} & m_i [a_h C_i^{(1)} + b_h C_i^{(2)} + c_h C_i^{(3)}] = \\ & = A_1^{(h)} [r_{1i} + s_{1i} \tau_{11} + s_{2i} \tau_{12} + s_{3i} \tau_{13}] + A_2^{(h)} [r_{2i} + s_{1i} \tau_{21} + s_{2i} \tau_{22} + s_{3i} \tau_{23}] \\ & + A_3^{(h)} [r_{3i} + s_{1i} \tau_{31} + s_{2i} \tau_{32} + s_{3i} \tau_{33}] \\ & m'_i [a_h D_i^{(1)} + b_h D_i^{(2)} + c_h D_i^{(3)}] = \\ & = A_1^{(h)} [r'_{1i} + s'_{1i} \tau_{11} + s'_{2i} \tau_{12} + s'_{3i} \tau_{13}] + A_2^{(h)} [r'_{2i} + s'_{1i} \tau_{21} + s'_{2i} \tau_{22} + s'_{3i} \tau_{23}] \\ & + A_3^{(h)} [r'_{3i} + s'_{1i} \tau_{31} + s'_{2i} \tau_{32} + s'_{3i} \tau_{33}]. \end{aligned} \right.$$

Les indices h et i devant prendre successivement les valeurs 1, 2, 3, ces deux équations représentent en tout 18 équations différentes répondant aux combinaisons 1,1, 1,2, 1,3; 2,1, 2,2, 2,3; 3,1, 3,2, 3,3.

L'écriture sera encore simplifiée, si l'on multiplie les équations précédentes respectivement par $m_1 m_2, m_1 m_3, m_1 m_2,$ $m'_1 m'_2, m'_1 m'_3, m'_1 m'_2,$ suivant que leur premier membre est déjà muni du facteur $m_1, m_2, m_3, m'_1, m'_2, m'_3$. Posant encore

$$\left\{ \begin{aligned} & m_1 m_2 r_{i1} = \rho_{i1}, \quad m_1 m_2 s_{i1} = \sigma_{i1}, \quad m'_1 m'_2 r'_{i1} = \rho'_{i1}, \quad m'_1 m'_2 s'_{i1} = \sigma'_{i1}, \\ & m_1 m_3 r_{i2} = \rho_{i2}, \quad m_1 m_3 s_{i2} = \sigma_{i2}, \quad m'_1 m'_3 r'_{i2} = \rho'_{i2}, \quad m'_1 m'_3 s'_{i2} = \sigma'_{i2}, \\ & m_1 m_2 r_{i3} = \rho_{i3}, \quad m_1 m_2 s_{i3} = \sigma_{i3}, \quad m'_1 m'_2 r'_{i3} = \rho'_{i3}, \quad m'_1 m'_2 s'_{i3} = \sigma'_{i3}; \end{aligned} \right.$$

$$(7) \left\{ \begin{aligned} & \omega_{ik} = \rho_{ik} + \sigma_{1k} \tau_{i1} + \sigma_{2k} \tau_{i2} + \sigma_{3k} \tau_{i3}, \\ & \omega'_{ik} = \rho'_{ik} + \sigma'_{1k} \tau_{i1} + \sigma'_{2k} \tau_{i2} + \sigma'_{3k} \tau_{i3}, \quad i = 1, 2, 3; \quad k = 1, 2, 3 \end{aligned} \right.$$

les équations (6) présentent finalement la forme

$$(8) \left\{ \begin{aligned} & m_1 m_2 m_3 [a_h C_i^{(1)} + b_h C_i^{(2)} + c_h C_i^{(3)}] = \sum_{k=1,2,3} A_k^{(h)} \omega_{ki}, \\ & m'_1 m'_2 m'_3 [a_h D_i^{(1)} + b_h D_i^{(2)} + c_h D_i^{(3)}] = \sum_{k=1,2,3} A_k^{(h)} \omega'_{ki}, \end{aligned} \right.$$

De ces équations, on tire aisément les 18 modules de périodicité $C_i^{(h)}$ et $D_i^{(h)}$ des intégrales transformées w'_h , exprimés en fonction des modules de périodicité primitifs $A_i^{(h)}$ et des multiplicateurs a_i, b_i, c_i . Si l'on désigne par δ le déterminant (a_1, b_1, c_1) , on trouve successivement

$$(9) \left\{ \begin{array}{l} m_1 m_2 m_3 \delta C_i^{(1)} = \begin{vmatrix} \sum_k A_k^{(1)} \omega_{ki}, b_1, c_1 \\ \sum_k A_k^{(2)} \omega_{ki}, b_2, c_2 \\ \sum_k A_k^{(3)} \omega_{ki}, b_3, c_3 \end{vmatrix}, \\ \\ m_1 m_2 m_3 \delta C_i^{(2)} = \begin{vmatrix} a_1, \sum_k A_k^{(1)} \omega_{ki}, c_1 \\ a_2, \sum_k A_k^{(2)} \omega_{ki}, c_2 \\ a_3, \sum_k A_k^{(3)} \omega_{ki}, c_3 \end{vmatrix}, \\ \\ m_1 m_2 m_3 \delta C_i^{(3)} = \begin{vmatrix} a_1, b_1, \sum_k A_k^{(1)} \omega_{ki} \\ a_2, b_2, \sum_k A_k^{(2)} \omega_{ki} \\ a_3, b_3, \sum_k A_k^{(3)} \omega_{ki} \end{vmatrix}, \\ \\ m'_1 m'_2 m'_3 \delta D_i^{(1)} = \begin{vmatrix} \sum_k A_k^{(1)} \omega'_{ki}, b_1, c_1 \\ \sum_k A_k^{(2)} \omega'_{ki}, b_2, c_2 \\ \sum_k A_k^{(3)} \omega'_{ki}, b_3, c_3 \end{vmatrix}, \\ \\ m'_1 m'_2 m'_3 \delta D_i^{(2)} = \begin{vmatrix} a_1, \sum_k A_k^{(1)} \omega'_{ki}, c_1 \\ a_2, \sum_k A_k^{(2)} \omega'_{ki}, c_2 \\ a_3, \sum_k A_k^{(3)} \omega'_{ki}, c_3 \end{vmatrix}, \\ \\ m'_1 m'_2 m'_3 \delta D_i^{(3)} = \begin{vmatrix} a_1, b_1, \sum_k A_k^{(1)} \omega'_{ki} \\ a_2, b_2, \sum_k A_k^{(2)} \omega'_{ki} \\ a_3, b_3, \sum_k A_k^{(3)} \omega'_{ki} \end{vmatrix}. \end{array} \right.$$

Les équations (f) fournissent les modules τ'_{ik} des fonctions $\mathcal{P}$ transformées. Vu la longueur des formules, il paraît utile de déterminer séparément d'abord le dénominateur commun à ces quantités et ensuite leurs numérateurs.

Le dénominateur commun est donné par le déterminant

$$m_1^3 m_2^3 m_3^3 \delta^3 D' = m_1^3 m_2^3 m_3^3 \delta^3 \cdot \begin{vmatrix} C_1^{(1)}, C_2^{(1)}, C_3^{(1)} \\ C_1^{(2)}, C_2^{(2)}, C_3^{(2)} \\ C_1^{(3)}, C_2^{(3)}, C_3^{(3)} \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} \left| \begin{matrix} \Sigma A_k^{(1)} \omega_{k1}, b_1, c_1 \\ \Sigma A_k^{(2)} \omega_{k1}, b_2, c_2 \\ \Sigma A_k^{(3)} \omega_{k1}, b_3, c_3 \end{matrix} \right|, & \left| \begin{matrix} \Sigma A_k^{(1)} \omega_{k2}, b_1, c_1 \\ \Sigma A_k^{(2)} \omega_{k2}, b_2, c_2 \\ \Sigma A_k^{(3)} \omega_{k2}, b_3, c_3 \end{matrix} \right|, & \left| \begin{matrix} \Sigma A_k^{(1)} \omega_{k3}, b_1, c_1 \\ \Sigma A_k^{(2)} \omega_{k3}, b_2, c_2 \\ \Sigma A_k^{(3)} \omega_{k3}, b_3, c_3 \end{matrix} \right| \\ a_1, \Sigma A_k^{(1)} \omega_{k1}, c_1 & a_1, \Sigma A_k^{(1)} \omega_{k2}, c_1 & a_1, \Sigma A_k^{(1)} \omega_{k3}, c_1 \\ a_2, \Sigma A_k^{(2)} \omega_{k1}, c_2 & a_2, \Sigma A_k^{(2)} \omega_{k2}, c_2 & a_2, \Sigma A_k^{(2)} \omega_{k3}, c_2 \\ a_3, \Sigma A_k^{(3)} \omega_{k1}, c_3 & a_3, \Sigma A_k^{(3)} \omega_{k2}, c_3 & a_3, \Sigma A_k^{(3)} \omega_{k3}, c_3 \\ a_1, b_1, \Sigma A_k^{(1)} \omega_{k1} & a_1, b_1, \Sigma A_k^{(1)} \omega_{k2} & a_1, b_1, \Sigma A_k^{(1)} \omega_{k3} \\ a_2, b_2, \Sigma A_k^{(2)} \omega_{k1} & a_2, b_2, \Sigma A_k^{(2)} \omega_{k2} & a_2, b_2, \Sigma A_k^{(2)} \omega_{k3} \\ a_3, b_3, \Sigma A_k^{(3)} \omega_{k1} & a_3, b_3, \Sigma A_k^{(3)} \omega_{k2} & a_3, b_3, \Sigma A_k^{(3)} \omega_{k3} \end{vmatrix}$$

qui se décompose en ces deux facteurs :

$$\begin{vmatrix} \Sigma A_k^{(1)} \omega_{k1}, \Sigma A_k^{(2)} \omega_{k1}, \Sigma A_k^{(3)} \omega_{k1} \\ \Sigma A_k^{(1)} \omega_{k2}, \Sigma A_k^{(2)} \omega_{k2}, \Sigma A_k^{(3)} \omega_{k2} \\ \Sigma A_k^{(1)} \omega_{k3}, \Sigma A_k^{(2)} \omega_{k3}, \Sigma A_k^{(3)} \omega_{k3} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \left| \begin{matrix} b_2, c_2 \\ b_3, c_3 \end{matrix} \right|, - \left| \begin{matrix} b_1, c_1 \\ b_3, c_3 \end{matrix} \right|, & \left| \begin{matrix} b_1, c_1 \\ b_2, c_2 \end{matrix} \right| \\ - \left| \begin{matrix} a_2, c_2 \\ a_3, c_3 \end{matrix} \right|, & \left| \begin{matrix} a_1, c_1 \\ a_3, c_3 \end{matrix} \right|, - \left| \begin{matrix} a_1, c_1 \\ a_2, c_2 \end{matrix} \right| \\ \left| \begin{matrix} a_2, b_2 \\ a_3, b_3 \end{matrix} \right|, - \left| \begin{matrix} a_1, b_1 \\ a_3, b_3 \end{matrix} \right|, & \left| \begin{matrix} a_1, b_1 \\ a_2, b_2 \end{matrix} \right| \end{vmatrix}$$

dont le premier peut s'écrire sous la forme d'un produit

$$\begin{vmatrix} A_1^{(1)}, A_2^{(1)}, A_3^{(1)} \\ A_1^{(2)}, A_2^{(2)}, A_3^{(2)} \\ A_1^{(3)}, A_2^{(3)}, A_3^{(3)} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \omega_{11}, \omega_{21}, \omega_{31} \\ \omega_{12}, \omega_{22}, \omega_{32} \\ \omega_{13}, \omega_{23}, \omega_{33} \end{vmatrix},$$

tandis que le second $= \delta^2$, en vertu d'un théorème bien connu sur les déterminants adjoints.

Si l'on pose, comme précédemment, $(A_1^{(1)}, A_2^{(2)}, A_3^{(3)}) = D$

et en outre

$$\begin{vmatrix} \omega_{11}, \omega_{21}, \omega_{31} \\ \omega_{12}, \omega_{22}, \omega_{32} \\ \omega_{13}, \omega_{23}, \omega_{33} \end{vmatrix} = \Omega,$$

on a finalement

$$D' = \frac{D \Omega}{m_1^2 m_2^2 m_3^2 \delta}.$$

Pour les 9 numérateurs on obtient d'une manière analogue

$$\begin{vmatrix} D_i^{(1)}, C_2^{(1)}, C_3^{(1)} \\ D_i^{(2)}, C_2^{(2)}, C_3^{(2)} \\ D_i^{(3)}, C_2^{(3)}, C_3^{(3)} \end{vmatrix} = \frac{D}{m_1^2 m_2^2 m_3^2 m'_1 m'_2 m'_3 \delta} \begin{vmatrix} \omega'_{1i}, \omega'_{2i}, \omega'_{3i} \\ \omega_{12}, \omega_{22}, \omega_{32} \\ \omega_{13}, \omega_{23}, \omega_{33} \end{vmatrix},$$

$$\begin{vmatrix} C_i^{(1)}, D_i^{(1)}, C_3^{(1)} \\ C_i^{(2)}, D_i^{(2)}, C_3^{(2)} \\ C_i^{(3)}, D_i^{(3)}, C_3^{(3)} \end{vmatrix} = \frac{D}{m_1^2 m_2^2 m_3^2 m'_1 m'_2 m'_3 \delta} \begin{vmatrix} \omega_{11}, \omega_{21}, \omega_{31} \\ \omega'_{1i}, \omega'_{2i}, \omega'_{3i} \\ \omega_{13}, \omega_{23}, \omega_{33} \end{vmatrix},$$

$$\begin{vmatrix} C_i^{(1)}, C_2^{(1)}, D_i^{(1)} \\ C_i^{(2)}, C_2^{(2)}, D_i^{(2)} \\ C_i^{(3)}, C_2^{(3)}, D_i^{(3)} \end{vmatrix} = \frac{D}{m_1^2 m_2^2 m_3^2 m'_1 m'_2 m'_3 \delta} \begin{vmatrix} \omega_{11}, \omega_{21}, \omega_{31} \\ \omega_{12}, \omega_{22}, \omega_{32} \\ \omega'_{1i}, \omega'_{2i}, \omega'_{3i} \end{vmatrix},$$

de sorte que les formules définitives qui permettent de passer des modules τ_{ik} aux modules τ'_{ik} , deviennent

$$(10) \quad \left. \begin{array}{l} \tau'_{11} = \frac{m_1 m_2 m_3}{m'_1 m'_2 m'_3} \frac{\left| \begin{array}{ccc} \omega_{11}, & \omega_{21}, & \omega_{31} \\ \omega_{12}, & \omega_{22}, & \omega_{32} \\ \omega_{13}, & \omega_{23}, & \omega_{33} \end{array} \right|}{\Omega}, \quad \tau'_{12} = \frac{m_1 m_2 m_3}{m'_1 m'_2 m'_3} \frac{\left| \begin{array}{ccc} \omega'_{12}, & \omega'_{22}, & \omega'_{32} \\ \omega_{12}, & \omega_{22}, & \omega_{32} \\ \omega_{13}, & \omega_{23}, & \omega_{33} \end{array} \right|}{\Omega}, \quad \tau'_{13} = \frac{m_1 m_2 m_3}{m'_1 m'_2 m'_3} \frac{\left| \begin{array}{ccc} \omega'_{13}, & \omega'_{23}, & \omega'_{33} \\ \omega_{12}, & \omega_{22}, & \omega_{32} \\ \omega_{13}, & \omega_{23}, & \omega_{33} \end{array} \right|}{\Omega}, \\ \tau'_{21} = \frac{m_1 m_2 m_3}{m'_1 m'_2 m'_3} \frac{\left| \begin{array}{ccc} \omega_{11}, & \omega_{21}, & \omega_{31} \\ \omega'_{11}, & \omega'_{21}, & \omega'_{31} \\ \omega_{12}, & \omega_{22}, & \omega_{32} \end{array} \right|}{\Omega}, \quad \tau'_{22} = \frac{m_1 m_2 m_3}{m'_1 m'_2 m'_3} \frac{\left| \begin{array}{ccc} \omega_{14}, & \omega_{24}, & \omega_{34} \\ \omega'_{12}, & \omega'_{22}, & \omega'_{32} \\ \omega_{13}, & \omega_{23}, & \omega_{33} \end{array} \right|}{\Omega}, \quad \tau'_{23} = \frac{m_1 m_2 m_3}{m'_1 m'_2 m'_3} \frac{\left| \begin{array}{ccc} \omega_{14}, & \omega_{24}, & \omega_{34} \\ \omega_{12}, & \omega_{22}, & \omega_{32} \\ \omega'_{13}, & \omega'_{23}, & \omega'_{33} \end{array} \right|}{\Omega}, \\ \tau'_{31} = \frac{m_1 m_2 m_3}{m'_1 m'_2 m'_3} \frac{\left| \begin{array}{ccc} \omega_{11}, & \omega_{21}, & \omega_{31} \\ \omega_{12}, & \omega_{22}, & \omega_{32} \\ \omega'_{13}, & \omega'_{23}, & \omega'_{33} \end{array} \right|}{\Omega}, \quad \tau'_{32} = \frac{m_1 m_2 m_3}{m'_1 m'_2 m'_3} \frac{\left| \begin{array}{ccc} \omega_{14}, & \omega_{24}, & \omega_{34} \\ \omega_{12}, & \omega_{22}, & \omega_{32} \\ \omega'_{13}, & \omega'_{23}, & \omega'_{33} \end{array} \right|}{\Omega}, \quad \tau'_{33} = \frac{m_1 m_2 m_3}{m'_1 m'_2 m'_3} \frac{\left| \begin{array}{ccc} \omega_{14}, & \omega_{24}, & \omega_{34} \\ \omega_{12}, & \omega_{22}, & \omega_{32} \\ \omega_{13}, & \omega_{23}, & \omega_{33} \end{array} \right|}{\Omega}. \end{array} \right\}$$

En ce qui concerne les intégrales normales transformées, il s'agit d'abord d'établir des relations entre ces quantités et les intégrales normales primitives. Or, d'une part on a

$$\pi i w_i = A_1^{(i)} u_1 + A_2^{(i)} u_2 + A_3^{(i)} u_3,$$

d'autre part les équations (1) et (b) donnent

$$\begin{aligned} \pi i w_i &= \pi i [a_i w'_1 + b_i w'_2 + c_i w'_3 + g_i] = \\ &= a_i [C_1^{(1)} u'_1 + C_2^{(1)} u'_2 + C_3^{(1)} u'_3] + b_i [C_1^{(2)} u'_1 + C_2^{(2)} u'_2 + C_3^{(2)} u'_3] + \\ &\quad + c_i [C_1^{(3)} u'_1 + C_2^{(3)} u'_2 + C_3^{(3)} u'_3] + \pi i g_i \\ &= [a_i C_1^{(1)} + b_i C_1^{(2)} + c_i C_1^{(3)}] u'_1 + [a_i C_2^{(1)} + b_i C_2^{(2)} + c_i C_2^{(3)}] u'_2 + \\ &\quad + [a_i C_3^{(1)} + b_i C_3^{(2)} + c_i C_3^{(3)}] u'_3 + \pi i g_i. \end{aligned}$$

Si l'on égale les seconds membres de ces équations et que l'on répartisse encore les trois constantes $\pi i g_1$, $\pi i g_2$, $\pi i g_3$ sur les variables u_1 , u_2 , u_3 , on obtient

$$\begin{aligned} &[a_i C_1^{(1)} + b_i C_1^{(2)} + c_i C_1^{(3)}] u'_1 + [a_i C_2^{(1)} + b_i C_2^{(2)} + c_i C_2^{(3)}] u'_2 + \\ &\quad + [a_i C_3^{(1)} + b_i C_3^{(2)} + c_i C_3^{(3)}] u'_3 = \\ &= A_1^{(i)} (u_1 - \varepsilon_1) + A_2^{(i)} (u_2 - \varepsilon_2) + A_3^{(i)} (u_3 - \varepsilon_3), i = 1, 2, 3. \end{aligned}$$

A ces équations, en y substituant les valeurs des sommes $a_i C_k^{(1)} + b_i C_k^{(2)} + c_i C_k^{(3)}$ que l'on tire des relations (8), on peut donner la forme suivante :

$$\left\{ \begin{aligned} &u'_1 \sum_k A_k^{(1)} \omega_{k1} + u'_2 \sum_k A_k^{(1)} \omega_{k2} + u'_3 \sum_k A_k^{(1)} \omega_{k3} = \\ &= m_1 m_2 m_3 [A_1^{(1)} (u_1 - \varepsilon_1) + A_2^{(1)} (u_2 - \varepsilon_2) + A_3^{(1)} (u_3 - \varepsilon_3)] \\ &u'_1 \sum_k A_k^{(2)} \omega_{k1} + u'_2 \sum_k A_k^{(2)} \omega_{k2} + u'_3 \sum_k A_k^{(2)} \omega_{k3} = \\ &= m_1 m_2 m_3 [A_1^{(2)} (u_1 - \varepsilon_1) + A_2^{(2)} (u_2 - \varepsilon_2) + A_3^{(2)} (u_3 - \varepsilon_3)] \\ &u'_1 \sum_k A_k^{(3)} \omega_{k1} + u'_2 \sum_k A_k^{(3)} \omega_{k2} + u'_3 \sum_k A_k^{(3)} \omega_{k3} = \\ &= m_1 m_2 m_3 [A_1^{(3)} (u_1 - \varepsilon_1) + A_2^{(3)} (u_2 - \varepsilon_2) + A_3^{(3)} (u_3 - \varepsilon_3)] \end{aligned} \right.$$

Au moyen de ces équations on établit facilement les formules qui donnent les variables u'_i en fonction des u_i . En effet, le dénominateur commun aux trois intégrales u'_i devient

$$\begin{vmatrix} \sum_k A_k^{(1)} \omega_{k1} & \sum_k A_k^{(1)} \omega_{k2} & \sum_k A_k^{(1)} \omega_{k3} \\ \sum_k A_k^{(2)} \omega_{k1} & \sum_k A_k^{(2)} \omega_{k2} & \sum_k A_k^{(2)} \omega_{k3} \\ \sum_k A_k^{(3)} \omega_{k1} & \sum_k A_k^{(3)} \omega_{k2} & \sum_k A_k^{(3)} \omega_{k3} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_1^{(1)}, A_2^{(1)}, A_3^{(1)} \\ A_1^{(2)}, A_2^{(2)}, A_3^{(2)} \\ A_1^{(3)}, A_2^{(3)}, A_3^{(3)} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \omega_{11}, \omega_{21}, \omega_{31} \\ \omega_{12}, \omega_{22}, \omega_{32} \\ \omega_{13}, \omega_{23}, \omega_{33} \end{vmatrix} = D \Omega.$$

Abstraction faite du facteur $m_1 m_2 m_3$, le numérateur de u'_1 a pour expression

$$\begin{aligned}
 & \left| \begin{array}{l} A_1^{(1)}(u_1 - \varepsilon_1) + A_2^{(1)}(u_2 - \varepsilon_2) + A_3^{(1)}(u_3 - \varepsilon_3), \sum_k A_k^{(1)} \omega_{k2}, \sum_k A_k^{(1)} \omega_{k3} \\ A_1^{(2)}(u_1 - \varepsilon_1) + A_2^{(2)}(u_2 - \varepsilon_2) + A_3^{(2)}(u_3 - \varepsilon_3), \sum_k A_k^{(2)} \omega_{k2}, \sum_k A_k^{(2)} \omega_{k3} \\ A_1^{(3)}(u_1 - \varepsilon_1) + A_2^{(3)}(u_2 - \varepsilon_2) + A_3^{(3)}(u_3 - \varepsilon_3), \sum_k A_k^{(3)} \omega_{k2}, \sum_k A_k^{(3)} \omega_{k3} \end{array} \right| = \\
 & = \left| \begin{array}{l} A_1^{(1)}, A_2^{(1)}, A_3^{(1)} \\ A_1^{(2)}, A_2^{(2)}, A_3^{(2)} \\ A_1^{(3)}, A_2^{(3)}, A_3^{(3)} \end{array} \right| \cdot \left| \begin{array}{l} u_1 - \varepsilon_1, u_2 - \varepsilon_2, u_3 - \varepsilon_3 \\ \omega_{12}, \omega_{22}, \omega_{32} \\ \omega_{13}, \omega_{23}, \omega_{33} \end{array} \right| = D \left| \begin{array}{l} u_1 - \varepsilon_1, u_2 - \varepsilon_2, u_3 - \varepsilon_3 \\ \omega_{12}, \omega_{22}, \omega_{32} \\ \omega_{13}, \omega_{23}, \omega_{33} \end{array} \right|
 \end{aligned}$$

D'une manière analogue on trouve pour le numérateur de u'_2

$$D \left| \begin{array}{l} \omega_{11}, \omega_{21}, \omega_{31} \\ u_1 - \varepsilon_1, u_2 - \varepsilon_2, u_3 - \varepsilon_3 \\ \omega_{13}, \omega_{23}, \omega_{33} \end{array} \right|$$

et pour le numérateur de u'_3

$$D \left| \begin{array}{l} \omega_{11}, \omega_{21}, \omega_{31} \\ \omega_{12}, \omega_{22}, \omega_{32} \\ u_1 - \varepsilon_1, u_2 - \varepsilon_2, u_3 - \varepsilon_3 \end{array} \right|,$$

de sorte que l'on a finalement

$$\begin{aligned}
 (11) \quad u'_1 &= m_1 m_2 m_3 \frac{\left| \begin{array}{l} u_1 - \varepsilon_1, u_2 - \varepsilon_2, u_3 - \varepsilon_3 \\ \omega_{12}, \omega_{22}, \omega_{32} \\ \omega_{13}, \omega_{23}, \omega_{33} \end{array} \right|}{\Omega}, \quad u'_2 = m_1 m_2 m_3 \frac{\left| \begin{array}{l} \omega_{11}, \omega_{21}, \omega_{31} \\ u_1 - \varepsilon_1, u_2 - \varepsilon_2, u_3 - \varepsilon_3 \\ \omega_{13}, \omega_{23}, \omega_{33} \end{array} \right|}{\Omega} \\
 & \quad u'_3 = m_1 m_2 m_3 \frac{\left| \begin{array}{l} \omega_{11}, \omega_{21}, \omega_{31} \\ \omega_{12}, \omega_{22}, \omega_{32} \\ u_1 - \varepsilon_1, u_2 - \varepsilon_2, u_3 - \varepsilon_3 \end{array} \right|}{\Omega}.
 \end{aligned}$$

Enfin, en admettant que l'on connaisse les nombres de transformation $\rho, \sigma, \rho', \sigma'$ et les modules de périodicité $C_i^{(h)}$, les relations (8) fournissent encore les valeurs suivantes pour les multiplicateurs a_i, b_i, c_i :

$$(12) a_i = \frac{\begin{vmatrix} \sum_k A_k^{(i)} \omega_{k_1}, C_1^{(2)}, C_1^{(3)} \\ \sum_k A_k^{(i)} \omega_{k_2}, C_2^{(2)}, C_2^{(3)} \\ \sum_k A_k^{(i)} \omega_{k_3}, C_3^{(2)}, C_3^{(3)} \end{vmatrix}}{m_1 m_2 m_3 D'}, \quad b_i = \frac{\begin{vmatrix} C_1^{(1)}, \sum_k A_k^{(i)} \omega_{k_1}, C_1^{(3)} \\ C_2^{(1)}, \sum_k A_k^{(i)} \omega_{k_2}, C_2^{(3)} \\ C_3^{(1)}, \sum_k A_k^{(i)} \omega_{k_3}, C_3^{(3)} \end{vmatrix}}{m_1 m_2 m_3 D'},$$

$$c_i = \frac{\begin{vmatrix} C_1^{(1)}, C_1^{(2)}, \sum_k A_k^{(i)} \omega_{k_1} \\ C_2^{(1)}, C_2^{(2)}, \sum_k A_k^{(i)} \omega_{k_2} \\ C_3^{(1)}, C_3^{(2)}, \sum_k A_k^{(i)} \omega_{k_3} \end{vmatrix}}{m_1 m_2 m_3 D'}.$$

Ces formules vont maintenant être appliquées au cas d'une transformation du second degré. Si l'on dispose les nombres entiers ϱ_{ik} , σ_{ik} , ϱ'_{ik} , σ'_{ik} de la manière suivante :

$$\left. \begin{array}{ccc} \sigma'_{11} & \sigma'_{12} & \sigma'_{13} \\ \sigma'_{21} & \sigma'_{22} & \sigma'_{23} \\ \sigma'_{31} & \sigma'_{32} & \sigma'_{33} \end{array} \right\} \begin{array}{ccc} -\sigma_{13} & -\sigma_{12} & -\sigma_{11} \\ -\sigma_{23} & -\sigma_{22} & -\sigma_{21} \\ -\sigma_{33} & -\sigma_{32} & -\sigma_{31} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{ccc} -\varrho'_{31} & -\varrho'_{32} & -\varrho'_{33} \\ -\varrho'_{21} & -\varrho'_{22} & -\varrho'_{23} \\ -\varrho'_{11} & -\varrho'_{12} & -\varrho'_{13} \end{array} \right\} \begin{array}{ccc} \varrho_{33} & \varrho_{32} & \varrho_{31} \\ \varrho_{23} & \varrho_{22} & \varrho_{21} \\ \varrho_{13} & \varrho_{12} & \varrho_{11} \end{array}$$

on sait que dans le cas d'une transformation du second degré leur déterminant doit être $= 2^3$ et qu'en outre il faut les choisir de façon à satisfaire aux trois conditions

$$(m) \quad \tau'_{12} = \tau'_{21}, \quad \tau'_{13} = \tau'_{31}, \quad \tau'_{23} = \tau'_{32}.$$

Ces égalités se décomposent en général en un grand nombre (60) de conditions partielles, à moins, toutefois, qu'il n'existe entre les modules donnés d'autres relations que celles-ci :

$$\tau_{12} = \tau_{21}, \quad \tau_{13} = \tau_{31}, \quad \tau_{23} = \tau_{32}.$$

Or, dans le cas particulier qui fait l'objet de cette étude, il a déjà été trouvé (n° 99, p. 17)

$$\left\{ \begin{array}{l} \tau_{11} = \frac{a_{11}}{\pi i} = \frac{2}{5}(1+2i), \tau_{12} = \tau_{21} = \frac{a_{12}}{\pi i} = -\frac{1}{5}(3+i), \tau_{22} = \frac{a_{22}}{\pi i} = \frac{2}{5}(1+2i), \\ \tau_{13} = \tau_{31} = \frac{a_{13}}{\pi i} = \frac{1}{5}(1-3i), \tau_{23} = \tau_{32} = \frac{a_{23}}{\pi i} = \frac{1}{5}(1+2i), \tau_{33} = \frac{a_{33}}{\pi i} = -\frac{2}{5}(1-3i) \end{array} \right.$$

de sorte que l'on a par exemple

$$\begin{aligned} \tau_{11} &= \tau_{22} = 2 \tau_{33}, \tau_{33} = -2 \tau_{13} = -2i \tau_{12}, \\ \tau_{11} \tau_{22} - \tau_{12}^2 &= -\frac{2}{5}(2-i) = i \tau_{11}, \tau_{11} \tau_{23} - \tau_{12} \tau_{13} = 0, \\ \tau_{11} \tau_{33} - \tau_{13}^2 &= -\frac{2}{5}(2-i) = i \tau_{11}, \tau_{22} \tau_{13} - \tau_{12} \tau_{23} = \frac{1}{5}(3+i) = i \tau_{13}, \\ \tau_{22} \tau_{33} - \tau_{23}^2 &= -1, \tau_{33} \tau_{12} - \tau_{13} \tau_{23} = \frac{1}{5}(1-3i) = \tau_{13}, \\ \begin{vmatrix} \tau_{11} & \tau_{12} & \tau_{13} \\ \tau_{21} & \tau_{22} & \tau_{23} \\ \tau_{31} & \tau_{32} & \tau_{33} \end{vmatrix} &= -\frac{2}{5}(1+2i) = -\tau_{11}. \end{aligned}$$

Il s'ensuit que le nombre des équations provenant des conditions (m) est considérablement diminué.

Les nombres qui paraissent le mieux répondre au but proposé, sont les suivants :

$$\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 0 & -1 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 0 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 0 & -1 & 0 & -1 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2. \end{array}$$

Leur déterminant est effectivement $= 8$, et l'on se convainc aisément, en calculant les modules σ'_{ik} , qu'ils satisfont aux conditions (m). Dans la suite on prendra donc

$$\begin{array}{l} \sigma'_{11}=1, \sigma'_{12}=0, \sigma'_{13}=-1 \\ \sigma'_{21}=0, \sigma'_{22}=0, \sigma'_{23}=-1 \\ \sigma'_{31}=0, \sigma'_{32}=-1, \sigma'_{33}=0 \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \sigma_{13}=-2, \sigma_{12}=0, \sigma_{11}=0, \\ \sigma_{23}=-1, \sigma_{22}=-1, \sigma_{21}=1, \\ \sigma_{33}=-1, \sigma_{32}=-1, \sigma_{31}=-1, \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} \varrho'_{31}=0, \varrho'_{32}=0, \varrho'_{33}=1 \\ \varrho'_{21}=0, \varrho'_{22}=1, \varrho'_{23}=0 \\ \varrho'_{11}=0, \varrho'_{12}=0, \varrho'_{13}=0 \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \varrho_{33}=1, \varrho_{32}=-1, \varrho_{31}=-1 \\ \varrho_{23}=-1, \varrho_{22}=1, \varrho_{21}=-1 \\ \varrho_{13}=0, \varrho_{12}=0, \varrho_{11}=2. \end{array} \right.$$

Avant de procéder à l'évaluation des différentes quantités qui entrent dans ce problème et afin de faciliter les calculs ultérieurs, il ne sera pas inutile de rappeler à cet endroit les valeurs des modules de périodicité primitifs (n° 99, p. 14).

$$\begin{array}{c}
 \hline w_1 \\
 \hline
 \begin{array}{c|c}
 A_1^{(1)} = 2(1-i) K_1 & B_1^{(1)} = 4 K_1 \\
 A_2^{(1)} = -2 K_1 & B_2^{(1)} = -2 K_1 \\
 A_3^{(1)} = 2 K_1 & B_3^{(1)} = -2 K_1
 \end{array} \\
 \\
 \hline w_2 \\
 \hline
 \begin{array}{c|c}
 A_1^{(2)} = 0 & B_1^{(2)} = 0 \\
 A_2^{(2)} = -2(1+i) K_2 & B_2^{(2)} = 2(1-i) K_2 \\
 A_3^{(2)} = 2(1-i) K_2 & B_3^{(2)} = 2(1+i) K_2
 \end{array} \\
 \\
 \hline w_3 \\
 \hline
 \begin{array}{c|c}
 A_1^{(3)} = 4i K_3 & B_1^{(3)} = 0 \\
 A_2^{(3)} = -2(1-i) K_3 & B_2^{(3)} = -2(1+i) K_3 \\
 A_3^{(3)} = 2(1+i) K_3 & B_3^{(3)} = -2(1-i) K_3
 \end{array}
 \end{array}$$

$$K_2 = K_3 = K, \quad K_1 = K/\sqrt{2}. \quad (\text{l. c. p. 49}).$$

Maintenant les quantités ω_{ik} et ω'_{ik} deviennent en vertu des formules (7)

$$\begin{array}{c|c|c}
 \omega_{11} = \frac{2}{5}(3+i) & \omega_{21} = -\frac{2}{5}(2-i) & \omega_{31} = -\frac{2}{5}(1+2i) \\
 \omega_{12} = \frac{2}{5}(1+2i) & \omega_{22} = \frac{2}{5}(1-3i) & \omega_{32} = -\frac{4}{5}(1+2i) \\
 \omega_{13} = -\frac{2}{5}(1+2i) & \omega_{23} = -\frac{2}{5}(1+2i) & \omega_{33} = \frac{2}{5}(2-i) \\
 \hline
 \omega'_{11} = \frac{2}{5}(1+2i) & \omega'_{21} = -\frac{1}{5}(3+i) & \omega'_{31} = \frac{1}{5}(1-3i) \\
 \omega'_{12} = -\frac{1}{5}(1-3i) & \omega'_{22} = \frac{2}{5}(2-i) & \omega'_{32} = \frac{2}{5}(1-3i) \\
 \omega'_{13} = \frac{1}{5}(1-3i) & \omega'_{23} = \frac{1}{5}(1-3i) & \omega'_{33} = \frac{1}{5}(3+i)
 \end{array}$$

Posant

$$m_1 m_2 m_3 = m'_1 m'_2 m'_3 = 2,$$

les formules (10) donnent

$$\tau'_{11} = \tau'_{22} = \tau'_{33} = \frac{1+i}{2},$$

$$\tau'_{12} = \tau'_{21} = \tau'_{13} = \tau'_{31} = \tau'_{23} = \tau'_{32} = 0.$$

Par suite des formules (11), les intégrales normales transformées s'obtiennent d'abord sous la forme

$$\begin{cases} u'_1 = (u_1 - \varepsilon_1) - \frac{1+i}{2}(u_2 - \varepsilon_2) + \frac{1+i}{2}(u_3 - \varepsilon_3) \\ u'_2 = \frac{1+i}{2}(u_2 - \varepsilon_2) - \frac{1-i}{2}(u_3 - \varepsilon_3) \\ u'_3 = i(u_1 - \varepsilon_1) - \frac{1-i}{2}(u_2 - \varepsilon_2) + \frac{1+i}{2}(u_3 - \varepsilon_3) \end{cases}$$

et si, à l'aide des formules qui se trouvent à la page 17 du n° 99, on y substitue encore les valeurs des u_i en fonction des intégrales primitives w_i , elles deviennent

$$\begin{cases} u'_1 = \pi \frac{1+i}{4K\sqrt{2}} w_1 + [-\varepsilon_1 + \frac{1+i}{2}\varepsilon_2 - \frac{1+i}{2}\varepsilon_3] \\ u'_2 = -\frac{\pi i}{4K} w_2 + [-\frac{1+i}{2}\varepsilon_2 + \frac{1-i}{2}\varepsilon_3] \\ u'_3 = \frac{\pi i}{4K} w_3 + [-i\varepsilon_1 + \frac{1-i}{2}\varepsilon_2 - \frac{1+i}{2}\varepsilon_3] \end{cases}$$

Jusqu'ici les constantes ε_i sont restées complètement arbitraires. On les déterminera par les conditions suivantes qui se justifieront plus tard d'elles-mêmes :

$$\begin{cases} -\varepsilon_1 + \frac{1+i}{2}\varepsilon_2 - \frac{1+i}{2}\varepsilon_3 = 0 \\ -\frac{1+i}{2}\varepsilon_2 + \frac{1-i}{2}\varepsilon_3 = \frac{\pi i}{4} \\ -i\varepsilon_1 + \frac{1-i}{2}\varepsilon_2 - \frac{1+i}{2}\varepsilon_3 = 0; \end{cases}$$

on en tire

$$\varepsilon_1 = \frac{\pi}{20}(2-i), \varepsilon_2 = -\frac{\pi}{20}(3+i), \varepsilon_3 = -\frac{\pi}{10}(2-i)$$

et l'on a par suite

$$\begin{cases} u'_1 = u_1 - \frac{1+i}{2} u_2 + \frac{1+i}{2} u_3 = \pi \frac{-1+i}{4K\sqrt{2}} w_1 \\ u'_2 = \frac{1+i}{2} u_2 - \frac{1-i}{2} u_3 + \frac{\pi i}{4} = -\frac{\pi i}{4K} w_2 + \frac{\pi i}{4} \\ u'_3 = iu_1 - \frac{1-i}{2} u_2 + \frac{1+i}{2} u_3 = \frac{\pi i}{4K} w_3 \end{cases}$$

Avec ces nouvelles variables u'_i et les modules correspondants

$$b_{11} = b_{22} = b_{33} = \pi i \frac{1+i}{2} = -\frac{1-i}{2} \pi,$$

$$b_{12} = b_{13} = b_{23} = 0$$

on peut maintenant former la fonction $\mathcal{F}$ fondamentale. Dans le cas actuel, l'équation de définition

$$\mathcal{F}(u'_1, u'_2, u'_3) = \sum_{n_1, n_2, n_3} e^{b_{11}n_1^2 + 2b_{12}n_1n_2 + b_{22}n_2^2 + 2b_{13}n_1n_3 + 2b_{23}n_2n_3 + b_{33}n_3^2 + 2(n_1u'_1 + n_2u'_2 + n_3u'_3)}$$

prend la forme

$$\begin{aligned} \mathcal{F}(u'_1, u'_2, u'_3) &= \sum_{n_1, n_2, n_3} e^{-\pi \frac{1-i}{2}(n_1^2 + n_2^2 + n_3^2) + 2(n_1u'_1 + n_2u'_2 + n_3u'_3)} = \\ &= \sum_{n_1} e^{-\pi \frac{1-i}{2}n_1^2 + 2n_1u'_1} \sum_{n_2} e^{-\pi \frac{1-i}{2}n_2^2 + 2n_2u'_2} \sum_{n_3} e^{-\pi \frac{1-i}{2}n_3^2 + 2n_3u'_3} \end{aligned}$$

Si l'on pose

$$e^{-\pi \frac{1-i}{2}} = q_1, \quad u'_1 = iv'_1, \quad u'_2 = iv'_2, \quad u'_3 = iv'_3,$$

on aient

$$\begin{aligned} 1) \quad \mathcal{F}(u'_1, u'_2, u'_3) &= \sum_{n_1} q_1^{n_1^2} e^{2n_1v'_1} \sum_{n_2} q_1^{n_2^2} e^{2n_2v'_2} \sum_{n_3} q_1^{n_3^2} e^{2n_3v'_3} = \\ &= \mathcal{F}_3(v'_1, q_1) \mathcal{F}_3(v'_2, q_1) \mathcal{F}_3(v'_3, q_1) \end{aligned}$$

et l'on reconnaît, ainsi qu'il a été prévu, que dans ce cas les fonctions $\mathcal{P}$ abéliennes se décomposent en un produit de trois fonctions $\mathcal{P}$ elliptiques.

Il convient de modifier le module et les arguments de ces fonctions. Au moyen de la formule (Comp. Enneper, *Elliptische Functionen*, p. 304)

$$\sqrt{1-k} \mathcal{P}_3(0, q) \mathcal{P}_3(x, \sqrt{q}) = \mathcal{P}(x, q)^3 - \mathcal{P}_1(x, q)^3$$

on passera d'abord au module double, ou, ce qui revient au même, on remplacera q_1 par $q_1^2 = q$, de sorte que

$$\mathcal{P}(u'_1, u'_2, u'_3) = \frac{1}{\mathcal{P}_3(0, q)^3 (\sqrt{1-k})^3}.$$

$$[\mathcal{P}(v'_1, q)^3 - \mathcal{P}_1(v'_1, q)^3][\mathcal{P}(v'_2, q)^3 - \mathcal{P}_1(v'_2, q)^3][\mathcal{P}(v'_3, q)^3 - \mathcal{P}_1(v'_3, q)^3],$$

où $q = e^{-\pi(1-i)}$. Cette quantité ne devant plus être changée, dorénavant elle ne sera plus indiquée expressément; il en sera de même de l'argument 0. La seconde transformation, destinée à substituer aux arguments v'_i leur double $2v'_i$, consiste dans l'application des formules (Enneper, p. 295)

$$\mathcal{P}(x)^3 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\mathcal{P}_3^3 \mathcal{P}_3(2x) - \mathcal{P}_2^3 \mathcal{P}_2(2x) + \mathcal{P}^3 \mathcal{P}(2x)},$$

$$\mathcal{P}_1(x)^3 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\mathcal{P}_3^3 \mathcal{P}_3(2x) - \mathcal{P}_2^3 \mathcal{P}_2(2x) - \mathcal{P}^3 \mathcal{P}(2x)}.$$

Si l'on pose, pour abréger,

$$2v'_1 = v_1, 2v'_2 = v_2, 2v'_3 = v_3,$$

de sorte que

$$v_1 = -2iu'_1, v_2 = -2iu'_2, v_3 = -2iu'_3,$$

il vient finalement

$$(14) \quad \mathcal{P}(u'_1, u'_2, u'_3) = \frac{1}{2\sqrt{2} \mathcal{P}_3^3 (\sqrt{1-k})^3} \cdot \left[\sqrt{\mathcal{P}_3^3 \mathcal{P}_3(v_1) - \mathcal{P}_2^3 \mathcal{P}_2(v_1) + \mathcal{P}^3 \mathcal{P}(v_1)} - \sqrt{\mathcal{P}_3^3 \mathcal{P}_3(v_1) - \mathcal{P}_2^3 \mathcal{P}_2(v_1) - \mathcal{P}^3 \mathcal{P}(v_1)} \right]$$

$$\sqrt{\mathcal{P}_5^3 \mathcal{P}_5(v_1) - \mathcal{P}_2^3 \mathcal{P}_2(v_1) + \mathcal{P}^3 \mathcal{P}(v_1)} - \sqrt{\mathcal{P}_5^3 \mathcal{P}_5(v_2) - \mathcal{P}_2^3 \mathcal{P}_2(v_2) - \mathcal{P}^3 \mathcal{P}(v_2)} \Big] \cdot \\ \sqrt{\mathcal{P}_5^3 \mathcal{P}_5(v_3) - \mathcal{P}_2^3 \mathcal{P}_2(v_3) + \mathcal{P}^3 \mathcal{P}(v_3)} - \sqrt{\mathcal{P}_5^3 \mathcal{P}_5(v_3) - \mathcal{P}_2^3 \mathcal{P}_2(v_3) - \mathcal{P}^3 \mathcal{P}(v_3)} \Big].$$

Afin de passer aux 63 autres fonctions $\mathcal{P}$, il suffit d'augmenter dans le $\mathcal{P}$ fondamental, les arguments de tous les systèmes de demi-périodes possibles, conformément à l'équation de définition (Weber, p. 14)

$$\mathcal{P}(u'_1 + \frac{1}{2} \omega_1, u'_2 + \frac{1}{2} \omega_2, u'_3 + \frac{1}{2} \omega_3) = \\ = e^{-\frac{1}{4} \sum_{i,k} b_{ik} g_i g_k - \frac{1}{2} \pi i \sum_i g_i h_i - \sum_i g_i u'_i} \mathcal{P}_{\left\{ \begin{smallmatrix} g_1 g_2 g_3 \\ h_1 h_2 h_3 \end{smallmatrix} \right\}}(u'_1, u'_2, u'_3).$$

Or, lorsque les variables u'_i augmentent d'un système de demi-périodes

$$\begin{cases} \frac{1}{2} \omega_1 = \frac{1}{2} h_1 \pi i + \frac{1}{2} g_1 b_{11}, \\ \frac{1}{2} \omega_2 = \frac{1}{2} h_2 \pi i + \frac{1}{2} g_2 b_{22}, \\ \frac{1}{2} \omega_3 = \frac{1}{2} h_3 \pi i + \frac{1}{2} g_3 b_{33}, \end{cases}$$

les arguments v_i acquièrent les accroissements correspondants

$$\begin{cases} \frac{1}{2} p_1 = h_1 \pi - i g_1 b_{11}, \\ \frac{1}{2} p_2 = h_2 \pi - i g_2 b_{22}, \\ \frac{1}{2} p_3 = h_3 \pi - i g_3 b_{33}, \end{cases}$$

et les fonctions $\mathcal{P}_{\lambda}(v_i + \frac{1}{2} p_i)$ se modifient de la manière suivante (Comp Enneper, p. 83 et suiv.):

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathcal{P}_3(v_i + h_i \pi - i g_i b_{ii}) = \frac{-1}{q^{\frac{1}{4}}} g_i^{\frac{1}{2}} e^{g_i v_i i} \mathcal{P}_{\lambda_3}(v_i) \\ \mathcal{P}_2(v_i + h_i \pi - i g_i b_{ii}) = (-1)^{h_i} \frac{-1}{q^{\frac{1}{4}}} g_i^{\frac{1}{2}} e^{g_i v_i i} \mathcal{P}_{\lambda_2}(v_i) \\ \mathcal{P}_1(v_i + h_i \pi - i g_i b_{ii}) = (-1)^{h_i} \frac{g_i}{q^{\frac{1}{4}}} e^{g_i v_i i} \mathcal{P}_{\lambda_1}(v_i) \\ \mathcal{P}(v_i + h_i \pi - i g_i b_{ii}) = \frac{g_i}{q^{\frac{1}{4}}} e^{g_i v_i i} \mathcal{P}_{g_i}(v_i), \end{array} \right.$$

où, pour simplifier l'écriture, on a remplacé les indices $3 - g_i$, $2 + g_i$, $1 - g_i$ respectivement par λ_3 , λ_2 et λ_1 .

Dans ces formules le facteur i signifie, comme toujours, $\sqrt{-1}$, l'indice i prend successivement les valeurs 1, 2, 3, et chacun des nombres g_i et h_i est ou $= 0$, ou $= 1$.

Si dans l'équation (14) on remplace simultanément les variables u'_i par $u'_i + \frac{1}{2} \omega_i$ et les variables v_i par les

valeurs correspondantes $v_i + \frac{1}{2} p_i$; et que l'on fasse usage des équations précédentes, il vient

$$e^{-\frac{1}{4} b_{11}} (g_1^2 + g_2^2 + g_3^2) - \frac{1}{2} \pi i (g_1 h_1 + g_2 h_2 + g_3 h_3) - (g_1 u'_1 + g_2 u'_2 + g_3 u'_3) g_{\left\{ \begin{smallmatrix} g_1, g_2, g_3 \\ h_1, h_2, h_3 \end{smallmatrix} \right\}} (u'_1, u'_2, u'_3) =$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2\sqrt{2} g_3 (\sqrt{1-l})^3} \prod_k \left[\sqrt{\frac{g_3^{-\frac{1}{2}} g_k^2 - g_k v_k i}{g_3 q}} g_{\lambda_3} (v_k) - (-1)^{h_k g_2} \frac{g_k^2 - g_k v_k i}{g_3 q} g_{\lambda_2} (v_k) + i \frac{g_k^2 - g_k^2}{g_3 q} e^{-\frac{1}{2} g_k^2} g_{\lambda_1} (v_k) - \right. \\ & \left. - \sqrt{\frac{g_3^{-\frac{1}{2}} g_k^2 - g_k v_k i}{g_3 q}} g_{\lambda_3} (v_k) - (-1)^{h_k g_2} \frac{g_k^2 - g_k v_k i}{g_3 q} g_{\lambda_2} (v_k) - i \frac{g_k^2 - g_k^2}{g_3 q} e^{-\frac{1}{2} g_k^2} g_{\lambda_1} (v_k) \right] = \\ & = \frac{1}{2\sqrt{2} g_3 (\sqrt{1-l})^3} q^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{1}{2} (g_1^2 + g_2^2 + g_3^2) - \frac{1}{2} (g_1 v_1 + g_2 v_2 + g_3 v_3) i} \cdot \sqrt{\frac{g_3^2 g_{\lambda_3} (v_k) - (-1)^{h_k g_2} g_{\lambda_2} (v_k) + i \frac{g_k^2 - g_k^2}{g_3} g_{\lambda_1} (v_k) - (-1)^{h_k g_2} g_{\lambda_3} (v_k) - i \frac{g_k^2 - g_k^2}{g_3} g_{\lambda_2} (v_k)}{2\sqrt{2} g_3 (\sqrt{1-l})^3}} \end{aligned}$$

où $\prod_k$ désigne le produit des trois facteurs que l'on obtient, en assignant à k successivement les valeurs 1, 2, 3. On reconnaît aisément qu'à l'exception de $e^{-\frac{1}{2} \pi i \sum_k g_k h_k}$, les facteurs exponentiels se détruisent de part

$$\mathcal{Y}_{\left\{ \begin{smallmatrix} g_1, g_2, g_3 \\ h_1, h_2, h_3 \end{smallmatrix} \right\}}(u'_1, u'_2, u'_3) = e^{\frac{1}{2}\pi i(g_1 h_1 + g_2 h_2 + g_3 h_3)} \cdot \frac{2\sqrt{2} \mathcal{Y}_5^3(\sqrt{1-k})}{\prod_k \left[\sqrt{\mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{\lambda_3}(v_k) - (-1)^{h_k} \mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{g_1}(v_k) - i \mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{\lambda_3}(v_k) - (-1)^{h_k} \mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{\lambda_3}(v_k) - i \mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{g_1}(v_k)} \right]}.$$

Le carré du quotient qu'on peut former avec deux de ces fonctions $\mathcal{Y}$, est une fonction uniforme, continue dans toute la surface de Riemann $\mathcal{T}$ à l'exception de certains points et qui, en général, possède six périodes. La racine carrée d'une telle fonction a donc pour expression

$$(15) \quad \frac{\mathcal{Y}_{\left\{ \begin{smallmatrix} g_1, g_2, g_3 \\ h_1, h_2, h_3 \end{smallmatrix} \right\}}(u'_1, u'_2, u'_3)}{\mathcal{Y}_{\left\{ \begin{smallmatrix} \nu_1, \nu_2, \nu_3 \\ \mu_1, \mu_2, \mu_3 \end{smallmatrix} \right\}}(\nu_1, \nu_2, \nu_3)} = \frac{e^{\frac{1}{2}\pi i(g_1 h_1 + g_2 h_2 + g_3 h_3)}}{e^{\frac{1}{2}\pi i(\nu_1 \mu_1 + \nu_2 \mu_2 + \nu_3 \mu_3)}} \cdot \prod_k \frac{\sqrt{\mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{\lambda_3}(v_k) - (-1)^{h_k} \mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{\lambda_3}(v_k) + i \mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{g_1}(v_k) - \sqrt{\mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{\lambda_3}(v_k) - (-1)^{h_k} \mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{\lambda_3}(v_k) - i \mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{g_1}(v_k)}}}{\sqrt{\mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{m_3}(v_k) - (-1)^{\mu_k} \mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{m_3}(v_k) + i \mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{\nu_1}(v_k) - \sqrt{\mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{m_3}(v_k) - (-1)^{\mu_k} \mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{m_3}(v_k) - i \mathcal{Y}_5^3 \mathcal{Y}_{\nu_1}(v_k)}}},$$

où m_3 est mis pour $3 - \nu_k$ et m_2 pour $2 + \nu_k$.

On voit immédiatement que, des trois facteurs dont se compose le produit $\prod_k$, l'un se réduit à l'unité toutes les fois que $g_m = \nu_m$ et en même temps $h_m = \mu_m$; deux des facteurs deviennent égaux à l'unité, si l'on

a simultanément $g_m = \nu_m$, $h_m = \mu_m$ et $g_n = \nu_n$, $h_n = \mu_n$, où n est différent de m .

Il s'agit maintenant de trouver pour ces fonctions l'équivalent algébrique en s et z . A cet effet, il est nécessaire de considérer des cas particuliers.

Exemple I. Soit $\begin{pmatrix} g_1 g_2 g_3 \\ h_1 h_2 h_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} \nu_1 \nu_2 \nu_3 \\ \mu_1 \mu_2 \mu_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$.

L'application de la formule (15) donne

$$\frac{\mathcal{J}_{\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}}(w_1, w_2, w_3)}{\mathcal{J}(w_1, w_2, w_3)} = \frac{\sqrt{\mathcal{J}_5^5 \mathcal{J}_5(v_1) + \mathcal{J}_2^5 \mathcal{J}_2(v_1) + \mathcal{J}^5 \mathcal{J}(v_1)} - \sqrt{\mathcal{J}_5^5 \mathcal{J}_5(v_1) + \mathcal{J}_2^5 \mathcal{J}_2(v_1)} - \mathcal{J}^5 \mathcal{J}(v_1)}{\sqrt{\mathcal{J}_5^5 \mathcal{J}_5(v_1) - \mathcal{J}_2^5 \mathcal{J}_2(v_1) + \mathcal{J}^5 \mathcal{J}(v_1)} - \sqrt{\mathcal{J}_5^5 \mathcal{J}_5(v_1) - \mathcal{J}_2^5 \mathcal{J}_2(v_1)} - \mathcal{J}^5 \mathcal{J}(v_1)} \cdot \frac{\sqrt{\mathcal{J}_5^5 \mathcal{J}_5(v_2) + \mathcal{J}_2^5 \mathcal{J}_2(v_2) + \mathcal{J}^5 \mathcal{J}(v_2)} - \sqrt{\mathcal{J}_5^5 \mathcal{J}_5(v_2) + \mathcal{J}_2^5 \mathcal{J}_2(v_2)} - \mathcal{J}^5 \mathcal{J}(v_2)}{\sqrt{\mathcal{J}_5^5 \mathcal{J}_5(v_2) - \mathcal{J}_2^5 \mathcal{J}_2(v_2) + \mathcal{J}^5 \mathcal{J}(v_2)} - \sqrt{\mathcal{J}_5^5 \mathcal{J}_5(v_2) - \mathcal{J}_2^5 \mathcal{J}_2(v_2)} - \mathcal{J}^5 \mathcal{J}(v_2)} \cdot \frac{\sqrt{\mathcal{J}_5^5 \mathcal{J}_5(v_3) + \mathcal{J}_2^5 \mathcal{J}_2(v_3) + \mathcal{J}^5 \mathcal{J}(v_3)} - \sqrt{\mathcal{J}_5^5 \mathcal{J}_5(v_3) + \mathcal{J}_2^5 \mathcal{J}_2(v_3)} - \mathcal{J}^5 \mathcal{J}(v_3)}{\sqrt{\mathcal{J}_5^5 \mathcal{J}_5(v_3) - \mathcal{J}_2^5 \mathcal{J}_2(v_3) + \mathcal{J}^5 \mathcal{J}(v_3)} - \sqrt{\mathcal{J}_5^5 \mathcal{J}_5(v_3) - \mathcal{J}_2^5 \mathcal{J}_2(v_3)} - \mathcal{J}^5 \mathcal{J}(v_3)}$$

Des fonctions $\mathcal{J}$ on passe aux fonctions elliptiques en divisant sous les radicaux numérateur et dénominateur du 1^{er} facteur par $\mathcal{J}_3^5 \mathcal{J}(v_1)$, du 2^d par $\mathcal{J}_3^5 \mathcal{J}(v_2)$, du 3^e par $\mathcal{J}_3^5 \mathcal{J}(v_3)$ et en tenant compte des formules

$$\frac{\mathcal{J}_2}{\mathcal{J}_3} = \sqrt{k}, \quad \frac{\mathcal{J}}{\mathcal{J}_3} = \sqrt{k'},$$

$$\frac{\mathcal{J}_1(v_i)}{\mathcal{J}_3(v_i)} = \sqrt{k} \operatorname{sn}(w'_i, k), \quad \frac{\mathcal{J}_2(v_i)}{\mathcal{J}_3(v_i)} = \sqrt{k} \operatorname{cn}(w'_i, k), \quad \frac{\mathcal{J}_3(v_i)}{\mathcal{J}_3(v_i)} = \frac{1}{\sqrt{k'}} \operatorname{dn}(w'_i, k),$$

où

$$w'_i = \frac{2K}{\pi} v_i \text{ et } \sqrt{\frac{2K}{\pi}} = \mathcal{J}_3(0) = 1 + 2 \sum_r q^{r^2}, \quad r = 1, 2, \dots, \infty.$$

Par ces formules les quantités K , k et k' sont déterminées d'une manière uniforme, si toutefois on considère les fonctions $\mathcal{J}$ comme étant données sans ambiguïté. On trouve, en effet,

$$K = \frac{K_1}{\sqrt{2}} = K_2 = K_3, \quad k = i, \quad k' = \sqrt{2}.$$

Ces substitutions faites, l'équation précédente prend actuellement la forme

$$\frac{\mathcal{H}_{\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}}(u'_1, u'_2, u'_3)}{\mathcal{H}(u'_1, u'_2, u'_3)} = \frac{\sqrt{\operatorname{dn} w'_1 - \operatorname{cn} w'_1 + 2} - \sqrt{\operatorname{dn} w'_1 - \operatorname{cn} w'_1 - 2}}{\sqrt{\operatorname{dn} w'_1 + \operatorname{cn} w'_1 + 2} - \sqrt{\operatorname{dn} w'_1 + \operatorname{cn} w'_1 - 2}} \cdot \frac{\sqrt{\operatorname{dn} w'_2 - \operatorname{cn} w'_2 + 2} - \sqrt{\operatorname{dn} w'_2 - \operatorname{cn} w'_2 - 2}}{\sqrt{\operatorname{dn} w'_2 + \operatorname{cn} w'_2 + 2} - \sqrt{\operatorname{dn} w'_2 + \operatorname{cn} w'_2 - 2}} \cdot \frac{\sqrt{\operatorname{dn} w'_3 - \operatorname{cn} w'_3 + 2} - \sqrt{\operatorname{dn} w'_3 - \operatorname{cn} w'_3 - 2}}{\sqrt{\operatorname{dn} w'_3 + \operatorname{cn} w'_3 + 2} - \sqrt{\operatorname{dn} w'_3 + \operatorname{cn} w'_3 - 2}}.$$

Or, il existe des rapports très simples entre les variables w'_i et les intégrales primitives w_i , car on a

$$\begin{cases} w'_1 = \frac{2K}{\pi} v_1 = -\frac{4iK}{\pi} u'_1 = \frac{1+i}{\sqrt{2}} w_1, \\ w'_2 = \frac{2K}{\pi} v_2 = -\frac{4iK}{\pi} u'_2 = K - w_2, \\ w'_3 = \frac{2K}{\pi} v_3 = -\frac{4iK}{\pi} u'_3 = w_3 \end{cases}$$

et l'on se souvient des relations

$$\frac{1+i}{\sqrt{2}} w_1 = \int_0^{\zeta} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}}, \quad \text{où } \zeta = \frac{1+i}{\sqrt{2}} s,$$

$$K - w_2 = \int_0^s \frac{ds}{\sqrt{1-s^4}}, \quad w_3 = \int_0^z \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}},$$

desquelles on tire

$$\begin{cases} \operatorname{sn} w'_1 = \zeta & \operatorname{sn} w'_2 = s & \operatorname{sn} w'_3 = z \\ \operatorname{cn} w'_1 = \sqrt{1-\zeta^2} & \operatorname{cn} w'_2 = \sqrt{1-s^2} & \operatorname{cn} w'_3 = \sqrt{1-z^2} \\ \operatorname{dn} w'_1 = \sqrt{1+\zeta^2} & \operatorname{dn} w'_2 = \sqrt{1+s^2} & \operatorname{dn} w'_3 = \sqrt{1+z^2} \end{cases}$$

Par conséquent, il vient finalement

$$\begin{aligned}
 \frac{\mathcal{P}_{\{111\}}^{\{000\}}(u'_1, u'_2, u'_3)}{\mathcal{P}(u'_1, u'_2, u'_3)} &= \frac{\sqrt{\sqrt{1+\zeta^2}-\sqrt{1-\zeta^2}+2}-\sqrt{\sqrt{1+\zeta^2}-\sqrt{1-\zeta^2}}}{\sqrt{\sqrt{1+\zeta^2}+\sqrt{1-\zeta^2}+2}-\sqrt{\sqrt{1+\zeta^2}+\sqrt{1-\zeta^2}}} \\
 &\cdot \frac{\sqrt{\sqrt{1+s^2}-\sqrt{1-s^2}+2}-\sqrt{\sqrt{1+s^2}-\sqrt{1-s^2}}}{\sqrt{\sqrt{1+s^2}+\sqrt{1-s^2}+2}-\sqrt{\sqrt{1+s^2}+\sqrt{1-s^2}}} \\
 &\cdot \frac{\sqrt{\sqrt{1+z^2}-\sqrt{1-z^2}+2}-\sqrt{\sqrt{1+z^2}-\sqrt{1-z^2}}}{\sqrt{\sqrt{1+z^2}+\sqrt{1-z^2}+2}-\sqrt{\sqrt{1+z^2}+\sqrt{1-z^2}}}
 \end{aligned}
 \quad (16)$$

Pour ne pas détruire dans cette expression la forme qui permet de remonter à l'origine de chaque terme, il convient de renoncer aux quelques simplifications possibles.

Exemple II. Dans le cas de

$$\begin{pmatrix} g_1 g_2 g_3 \\ h_1 h_2 h_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 000 \\ 011 \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} \nu_1 \nu_2 \nu_3 \\ \mu_1 \mu_2 \mu_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 000 \\ 000 \end{pmatrix}$$

un calcul analogue à celui qui vient d'être indiqué dans ses détails, conduit à la formule

$$\begin{aligned}
 \frac{\mathcal{P}_{\{011\}}^{\{000\}}(u'_1, u'_2, u'_3)}{\mathcal{P}(u'_1, u'_2, u'_3)} &= \frac{\sqrt{\sqrt{1+s^2}-\sqrt{1-s^2}+2}-\sqrt{\sqrt{1+s^2}-\sqrt{1-s^2}}}{\sqrt{\sqrt{1+s^2}+\sqrt{1-s^2}+2}-\sqrt{\sqrt{1+s^2}+\sqrt{1-s^2}}} \\
 &\cdot \frac{\sqrt{\sqrt{1+z^2}-\sqrt{1-z^2}+2}-\sqrt{\sqrt{1+z^2}-\sqrt{1-z^2}}}{\sqrt{\sqrt{1+z^2}+\sqrt{1-z^2}+2}-\sqrt{\sqrt{1+z^2}+\sqrt{1-z^2}}}
 \end{aligned}
 \quad (17)$$

Exemple III. Soit $\begin{pmatrix} g_1 g_2 g_3 \\ h_1 h_2 h_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 000 \\ 001 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} \nu_1 \nu_2 \nu_3 \\ \mu_1 \mu_2 \mu_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 000 \\ 000 \end{pmatrix}$.

Dans cette hypothèse il vient

$$\begin{aligned}
 \frac{\mathcal{P}_{\{001\}}^{\{000\}}(u'_1, u'_2, u'_3)}{\mathcal{P}(u'_1, u'_2, u'_3)} &= \frac{\sqrt{\sqrt{1+z^2}-\sqrt{1-z^2}+2}-\sqrt{\sqrt{1+z^2}-\sqrt{1-z^2}}}{\sqrt{\sqrt{1+z^2}+\sqrt{1-z^2}+2}-\sqrt{\sqrt{1+z^2}+\sqrt{1-z^2}}}
 \end{aligned}
 \quad (18)$$

Exemple IV. Si $\begin{pmatrix} g_1 g_2 g_3 \\ h_1 h_2 h_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 100 \\ 100 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} \nu_1 \nu_2 \nu_3 \\ \mu_1 \mu_2 \mu_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 111 \\ 111 \end{pmatrix}$,

on arrive à l'égalité

$$(19) \quad \frac{\mathcal{F}_{\begin{pmatrix} 100 \\ 100 \end{pmatrix}}(u'_1, u'_2, u'_3)}{\mathcal{F}_{\begin{pmatrix} 111 \\ 111 \end{pmatrix}}(u'_1, u'_2, u'_3)} =$$

$$= -\frac{1}{\sqrt{i}} \frac{\sqrt{1+s^2} + \sqrt{1-s^2} + 2}{\sqrt{1-s^2+is} - \sqrt{1+s^2-2is}} - \frac{\sqrt{1+s^2} + \sqrt{1-s^2} - 2}{\sqrt{1-s^2+is} - \sqrt{1+s^2-2is}}$$

$$\cdot \frac{\sqrt{1+z^2} + \sqrt{1-z^2} + 2}{\sqrt{1-z^2+iz} - \sqrt{1+z^2-2iz}} - \frac{\sqrt{1+z^2} + \sqrt{1-z^2} - 2}{\sqrt{1-z^2+iz} - \sqrt{1+z^2-2iz}}.$$

Les formules (16) à (19) et toutes celles qu'on peut établir d'une manière analogue, ne résolvent le problème de Riemann que dans un cas particulier; elles manquent de généralité en ce sens que les variables u'_i qui entrent dans les fonctions $\mathcal{F}$ ne sont pas indépendantes les unes des autres. Mais il est facile de généraliser la solution, au moins dans le cas qui vient d'être traité, c'est-à-dire le plus simple et pour cela même le plus important, où il s'agit de fonctions du second ordre à six périodes. A cet effet, on introduira comme variables dans les fonctions $\mathcal{F}$ les quantités suivantes

$$(20) \quad \begin{cases} U'_1 = (u'_1)^{(1)} + (u'_1)^{(2)} + (u'_1)^{(3)} \\ U'_2 = (u'_2)^{(1)} + (u'_2)^{(2)} + (u'_2)^{(3)} \\ U'_3 = (u'_3)^{(1)} + (u'_3)^{(2)} + (u'_3)^{(3)} \end{cases}$$

où $(u'_i)^{(1)}$, $(u'_i)^{(2)}$, $(u'_i)^{(3)}$ signifient les valeurs que prend l'intégrale u'_i respectivement pour les limites supérieures z_1, s_1 ; z_2, s_2 ; z_3, s_3 . (Dans les formules (16) à (19) deux des limites z_i et s_i sont égales à 0.) Or, le développement que l'on trouve ci-dessus à partir de l'équation (13) reste évidemment valable, si l'on substitue aux variables introduites successivement et représentées par des minuscules, les sommes correspondantes,

en les désignant par des majuscules. En répétant ainsi, convenablement modifié, tout le raisonnement précédent, on arrive finalement à des variables W'_1, W'_2, W'_3 qui permettent de passer des fonctions $\wp$ aux fonctions elliptiques.

En effet, si l'on pose

$$\begin{cases} W_1 = w_1^{(1)} + w_1^{(2)} + w_1^{(3)} \\ W_2 = w_2^{(1)} + w_2^{(2)} + w_2^{(3)} \\ W_3 = w_3^{(1)} + w_3^{(2)} + w_3^{(3)} \end{cases}$$

où les intégrales w_1, w_2, w_3 conservent leur signification primitive, de sorte que

$$w_1^{(i)} = \int_0^{z_i} \frac{dz}{\sqrt{(1-z^4)^3}}, w_2^{(i)} = \int_0^{z_i} \frac{z dz}{\sqrt{(1-z^4)^3}}, w_3^{(i)} = \int_0^{z_i} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}}, i = 1, 2, 3$$

on a les relations

$$W'_1 = \frac{1+i}{\sqrt{2}} W_1 = \int_0^{\zeta_1} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}} + \int_0^{\zeta_2} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}} + \int_0^{\zeta_3} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}} = \int_0^{\Xi} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}}$$

$$W'_2 = 3K - W_2 = \int_0^{s_1} \frac{ds}{\sqrt{1-s^4}} + \int_0^{s_2} \frac{ds}{\sqrt{1-s^4}} + \int_0^{s_3} \frac{ds}{\sqrt{1-s^4}} = \int_0^S \frac{ds}{\sqrt{1-s^4}}$$

$$W'_3 = W_3 = \int_0^{z_1} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} + \int_0^{z_2} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} + \int_0^{z_3} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} = \int_0^Z \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}}$$

Ceci posé, on reconnaît que pour résoudre le problème en question, il suffit de remplacer d'une part les variables w_i par U'_i et d'autre part les quantités ζ, s, z respectivement par Ξ, S, Z dans les équations (16) à (19) et leurs semblables.

En tenant compte des relations

$$\zeta_i = \operatorname{sn} (w'_i)^{(i)}, s_i = \operatorname{sn} (w'_i)^{(i)}, z_i = \operatorname{sn} (w'_i)^{(i)}, i = 1, 2, 3,$$

on peut écrire encore

$$\Xi = \operatorname{sn} [(w'_1)^{(1)} + (w'_1)^{(2)} + w'_1^{(3)}] =$$

$$\frac{(1+\zeta_1\zeta_2\zeta_3)[\zeta_1\sqrt{1-\zeta_2^4}+\zeta_2\sqrt{1-\zeta_1^4}+\zeta_3\sqrt{1-\zeta_1^4\zeta_2^4}]/(1-\zeta_1^4\zeta_2^4\zeta_3^4)]}{(1+\zeta_1\zeta_2\zeta_3)[\zeta_1\sqrt{1-\zeta_2^4}+\zeta_2\sqrt{1-\zeta_1^4}+\zeta_3\sqrt{1-\zeta_1^4\zeta_2^4}]/(1-\zeta_1^4\zeta_2^4\zeta_3^4)]}$$

et les quantités S et Z s'obtiennent en substituant, dans l'expression précédente, aux quantités ζ_i respectivement les quantités s_i et z_i . Après avoir fait toutes les substitutions indiquées, on arrive finalement à des équations de la forme

$$\frac{\mathcal{P}_{\{\omega\}}(U'_1, U'_2, U'_3)}{\mathcal{P}_{\{\omega'\}}(U'_1, U'_2, U'_3)} = F(s_1, s_2, s_3; z_1, z_2, z_3),$$

où F désigne une fonction algébrique. Elles résolvent le problème de Riemann dans toute la généralité voulue, car si l'on y attribue aux variables U'_i des valeurs absolument arbitraires, les points z_i , s_i sont également déterminés en vertu des équations de définition (20), que l'on doit, à vrai dire, considérer comme des congruences.

Remarque. Dans ce qui précède, on n'a pas eu besoin des multiplicateurs a_i, b_i, c_i et des modules de périodicités transformés $C_i^{(h)}, D_i^{(h)}$; mais il peut être intéressant et utile de les connaître. Or, en mettant en regard les équations.

$$\left\{ \begin{array}{l} w_1 = \frac{1-i}{\sqrt{2}} w'_1 \\ w_2 = K - w'_2 \\ w_3 = w'_3 \end{array} \right| \begin{array}{l} w_1 = a_1 w'_1 + b_1 w'_2 + c_1 w'_3 + g_1 \\ w_2 = a_2 w'_1 + b_2 w'_2 + c_2 w'_3 + g_2 \\ w_3 = a_3 w'_1 + b_3 w'_2 + c_3 w'_3 + g_3 \end{array}$$

on en conclut qu'il est permis d'admettre que

$$\left\{ \begin{array}{l} a_1 = \frac{1-i}{\sqrt{2}}, b_1 = 0, c_1 = 0, g_1 = 0 \\ a_2 = 0, b_2 = -1, c_2 = 0, g_2 = K \\ a_3 = 0, b_3 = 0, c_3 = 1, g_3 = 0. \end{array} \right.$$

Des équations (9) on tire ensuite

$$\begin{aligned} {}^{(1)}C_2^{(2)} &= C_3^{(3)} = 4K, & C_1^{(2)} &= C_1^{(3)} = 0, & C_2^{(1)} &= C_3^{(3)} = 0, & C_3^{(1)} &= C_3^{(2)} = 0 \\ {}^{(1)}D_2^{(2)} &= D_3^{(3)} = 2(1+i)K, & D_1^{(2)} &= D_1^{(3)} = 0, & D_2^{(1)} &= D_3^{(3)} = 0, & D_3^{(1)} &= D_3^{(2)} = 0. \end{aligned}$$

NOTE

SUR UNE NOUVELLE MÉTHODE FORESTIÈRE DITE

DU CONTRÔLE

de AD. GURNAUD,

ancien élève de l'école forestière de Nancy,

par H. DE BLONAY, ingénieur.

Depuis 19 ans, je m'occupe d'administrer une petite forêt de 24 hectares, qui est maintenant ma propriété, et les expériences comme les essais que j'y ai faits, m'ont engagé à adopter dès 1885 une nouvelle méthode d'aménagement, dite du contrôle, qui m'a paru reposer sur des principes parfaitement logiques.

C'est de cette nouvelle méthode, trouvée en partie par M. Gurnaud et résultant, en partie aussi, de perfectionnements dus à son initiative, que je désire vous entretenir quelques instants :

M. Gurnaud, ancien élève de l'Ecole forestière de Nancy et ancien fonctionnaire forestier français, étudie depuis plus de quarante ans, avec une ténacité et une puissance de travail et de raisonnement très remarquables, une question qui l'a préoccupé dès sa sortie de l'Ecole et au sujet de laquelle il a eu de grandes luttes à soutenir avec l'administration de son pays, qui tenait aux anciens systèmes forestiers ; il lui a même sacrifié sa position officielle.

Depuis quelques années ses idées ont fait du chemin et un grand nombre de propriétaires de forêts en France, en Alsace et quelques-uns en Suisse, ont adopté sa méthode.

Ses principes sont appliqués maintenant sur environ 50,000 hectares de forêts.

L'Ecole forestière de Nancy a même été autorisée par le gouvernement français, sur la demande de son directeur, M. Puton, à introduire la méthode du contrôle dans son enseignement et à administrer, d'après les principes de M. Gurnaud, une forêt modèle située dans son voisinage.

Il vient lui-même d'obtenir, à l'exposition de Paris, une médaille d'argent pour sa méthode et ses travaux en sylviculture, ce qui a une certaine valeur, puisqu'il ne s'agit ici que d'une conception théorique et qu'il y avait à l'exposition de bien beaux travaux pratiques à récompenser.

Il me semble donc intéressant, dans un pays qui contient autant de forêts que le nôtre, de faire connaître en quelques mots en quoi consistent les procédés de M. Gurnaud et en quoi ils diffèrent de ceux employés avant lui.

Il sera peut-être utile à quelques propriétaires de forêts de connaître les écoles que j'ai faites, pour les éviter, et les nouveaux procédés employés avec succès, pour les imiter.

Et d'abord, si vous le permettez, voyons en quelques mots en quoi consistent les principales méthodes d'exploitation des forêts actuellement en usage, quelques mots très courts naturellement, mais indispensables pour l'intelligence de ce qui suivra.

Méthodes anciennes. En général, les forêts sont classées en deux grandes catégories principales, suivant leur mode d'exploitation : les hautes futaies et les taillis.

La première comprend, en général, tous les résineux, soit les arbres à feuilles persistantes ou toujours verts, et, dans certains cas, des arbres à feuilles caduques.

La deuxième, les *taillis*, ne comprend que des arbres à feuilles caduques et ayant la propriété de rejeter de souche après la coupe.

On a bien essayé des taillis de pins, mais sans grand succès.

Dans la haute futaie, dans la règle, et sauf les cas d'éclaircies et de nettoiemens, l'arbre ne se coupe que lorsqu'il est arrivé au terme de la révolution, c'est-à-dire à l'âge de maturité, ou lorsqu'il va devenir dépérissant, et que son accroissement diminue dans une forte mesure. On se base sur l'âge pour fixer le moment de la coupe.

On peut établir la forêt par âges gradués. Dans ce cas, la forêt est partagée en autant de divisions que l'arbre le plus âgé compte d'années, et l'on fait des coupes rases, c'est-à-dire que l'on coupe à la fois, ou dans une période de quelques années, tous les arbres de la division la plus âgée.

On peut au contraire, comme dans les hautes montagnes, jardiner, c'est-à-dire couper à intervalles réguliers, un arbre par ci par là, ordinairement l'arbre dépérissant ou le plus âgé.

Dans les taillis, l'arbre se coupe toujours à un âge tel que la souche puisse encore donner des rejets : cet âge varie énormément ; pour les osiers et certains autres saules, c'est une année ; pour d'autres saules, les coudriers, les aulnes, cela va de 3 à 20 ans ; enfin, pour les grands arbres, les hêtres entre autres, cela peut dépasser 30 ans, mais rarement 40, suivant le terrain, l'exposition et l'altitude.

Ici, encore, il y a deux systèmes : la *coupe rase* et le *furetage*.

Dans le premier, la forêt est divisée, comme pour la futaie, en autant de parcelles d'égale contenance qu'il y a d'années dans la révolution et l'on a chaque année une parcelle à couper.

Dans le *furetage*, on coupe en général, tous les quatre, six ou même quinze ans, tous les arbres atteignant une certaine circonférence correspondant au maximum d'âge après lequel le bois ne rejette plus bien, 30 ans par exemple pour le hêtre.

Ce dernier système est en général employé par les communes de la vallée du Rhône, à partir de Veytaux, en Valais et en Savoie.

Un système mixte consiste à conserver une certaine quantité de futaie, soit de grands arbres au-dessus du taillis, arbres qui voient passer sous eux plusieurs générations de taillis.

Dans quel cas le forestier adopte-t-il la haute futaie, et dans quel cas le taillis ?

Les Etats adoptent, en général et par principe, la haute futaie, parce que c'est elle seule qui fournit de grands et beaux arbres pour la marine et les grandes constructions, et que l'Etat, même en perdant, s'il le faut, sur ses revenus, doit s'arranger de façon à fournir à l'industrie du pays tous les bois qui lui sont nécessaires, ce que les particuliers n'ont ni le même devoir, ni la même possibilité de faire. Ils ne la traitent par le système du jardinage que lorsqu'ils ne peuvent pas faire autrement, parce que, d'après Puton ¹ (2^e éd., 1874, p. 175), l'on n'a aucun moyen de fixer, même d'une manière approximative, la *possibilité* d'une forêt jardinée.

Les particuliers et les communes, cherchant avant tout à tirer de leur capital le plus gros revenu possible, adoptent le plus souvent le taillis, parce que, en égard au capital engagé, c'est celui des deux modes qui rapporte le plus fort intérêt p. % ; le

¹ *L'Aménagement des forêts*, par Alfred Puton, inspecteur des forêts, 2^e éd., 1874. Paris, J. Rothschild, éditeur.

bois est dans l'âge où il a une très forte croissance; les rejets de souche croissent bien plus vite dans les dix à vingt premières années que les brins de semence.

Dans l'ouvrage cité plus haut, Puton explique très clairement que le propriétaire de 120 hectares, plantés en haute futaie, contenant pour 396,000 fr. de bois et valant avec le sol 432,000 fr., dont il tire annuellement 9720 fr., soit environ le 2 %, a tout intérêt à transformer sa futaie en taillis; il réalisera pour 330,000 fr. de bois; avec cette somme, il pourra acheter 775 hectares de forêts-taillis qui, ajoutés aux 120 qu'il possède déjà, feront 895 hectares valant 381,000 fr., rapportant 17,900 fr. par an, soit le 4.70 %. Il aura sept fois plus de terres et un revenu presque double.

Un particulier qui a une haute futaie de 120 hectares lui rapportant un à deux pour cent, a donc un intérêt majeur à réaliser les trois quarts de son capital, à les placer ailleurs au 4 % ou au 5 %, et à tirer du reste, en taillis, le 4 ou le 5 %; seulement sa forêt ne portera plus par hectare qu'un matériel, soit un capital bien moins considérable, et il aura de sa forêt de 120 hectares un revenu total moins élevé.

Le revenu pour cent sera donc plus élevé avec le taillis et le revenu par hectare plus fort avec la futaie.

Ce qui m'a décidé à changer de système. Je suis donc propriétaire de quelques hectares de forêt; peu importe la quantité, les principes sont les mêmes pour les grandes étendues que pour les petites. Cette forêt est située en montagne, même dans la région dite des hautes montagnes, sur le versant sud-ouest des Pléiades. Me basant sur les principes ci-dessus, admis, je crois, par toutes les écoles forestières, et ne me sentant pas la vocation de préparer des bois de service pour le commerce, dans l'avenir, mais désirant plutôt assurer à ma famille les revenus les plus élevés possibles, j'ai continué le mode de culture qui avait été commencé avant moi, savoir le taillis sous futaie, par coupes rases. Mais sous mon administration, comme sous la précédente, les parties situées en forte pente et en terrains pierreux et éboulés se sont peu à peu complètement dégarnies; les semis naturels et les rejets de souche ne pouvaient pas prospérer au grand soleil, et la terre disparaissait peu à peu entre les pierres.

A force de peine et de dépenses, je suis arrivé à reboiser, en grande partie, les portions dénudées depuis vingt ans et plus,

mais j'ai voulu éviter que pareil fait se reproduisît, et à cet effet je m'étais décidé à adopter le jardinage ou le furetage. J'ai été confirmé dans mon opinion par les effets désastreux causés, sur mes réserves isolées, dans les taillis, par la neige du 28 septembre 1885; plus de la moitié des réserves des coupes des dix à douze dernières années ont été complètement brisées et détruites.

Quand j'ai voulu appliquer le jardinage, j'ai en vain cherché une méthode et des principes logiques relatifs à ce système; c'est alors que, par bonheur, j'ai été mis au courant de la méthode Gurnaud, qui m'a paru répondre à tous mes desiderata.

Promesses de la méthode. Voici ce que la méthode et son auteur nous promettent :

1° Sol toujours couvert, entretien de la fraîcheur et de l'humus, donc pas de dessèchement, ni de disparition du terrain.

2° Reboisement naturel, sans frais appréciables de semis ou de plantations.

3° Matériel bien plus considérable par hectare moyen de la forêt que pour le taillis et même pour la futaie pleine.

4° Accroissement pour cent plus considérable que celui de la haute futaie.

5° Détermination facile et exacte, à chaque instant, de l'accroissement annuel, et, par conséquent, de la quantité de bois que l'on peut couper sans entamer le capital, avec la possibilité, toutefois, d'augmenter à volonté le dit capital suivant que cela est reconnu nécessaire ou avantageux.

6° Détermination très exacte et facile du moment où il convient de couper un arbre, quelle que soit son essence et la nature du mélange dans lequel il a cru.

Comment M. Gurnaud tient ses promesses. Certes ces promesses sont belles et très tentantes; voyons comment M. Gurnaud s'y prend pour les réaliser et les probabilités que présentent ses procédés d'aboutir au résultat annoncé; et pour cela, reprenons-le point par point.

1° Sol toujours couvert.

M. Gurnaud adopte le jardinage et il revient, tous les cinq à six ans, enlever un certain nombre d'arbres d'après des règles que nous examinerons plus loin.

Il n'est pas douteux qu'avec ce système le sol sera toujours couvert d'une façon suffisante pour le tenir frais, tout en donnant assez d'air aux arbres qui risquent d'être étouffés, puisque c'est un des buts de la méthode de n'enlever à chaque exploitation que le quart ou le cinquième du matériel, et toujours, en première ligne, parmi les arbres qui gênent le plus leurs voisins.

2° *Reboisement naturel.*

La futaie fournira partout la semence nécessaire. Il y aura partout assez d'ombre pour favoriser la germination et pour abriter le jeune recru, et, quand celui-ci a besoin d'air, la coupe, faite judicieusement, revient assez souvent pour pouvoir lui en donner à temps.

Il n'y a lieu de faire des semis et des plantations que dans des cas très rares : celui où l'on veut introduire une nouvelle essence, par exemple, ou celui d'un accident arrivé à la forêt ; en tout cas, cela n'a lieu que sur des espaces très restreints et par exception. Il y a donc, de ce chef, une forte économie sur les méthodes pratiquant la coupe rase.

Depuis 1885, je constate déjà, dans ma forêt, l'heureuse réussite des semis naturels.

3° *Matériel plus considérable.*

Que le matériel, soit le capital en bois, soit plus considérable qu'avec le taillis, cela se conçoit aisément, puisque le terrain porte une assez grande quantité de gros arbres mélangés aux petits, ce qui n'est pas le cas pour le taillis, mais il est moins évident que ce soit le cas pour la futaie, c'est-à-dire que la futaie pleine comporte un matériel moins considérable que la forêt jardinée d'après la méthode du contrôle.

L'on conçoit cependant que, autour et sous le couvert d'un gros arbre, puissent végéter un certain nombre de moyens et de petits qui reçoivent de l'air et de la lumière de côté, et qui ne vivraient pas si le couvert de gros arbres, tous de même âge, était complet au-dessus de leurs têtes.

Il est, du reste, à remarquer que si, dans les anciennes méthodes, la parcelle la plus âgée et venant en tour de coupe porte, par exemple, 600 m.³ à l'hectare, celle coupée l'an dernier ne porte rien, la moyenne sur un hectare sera donc d'environ 300 m.³.

Il suffira donc, dans la forêt jardinée, dont toutes les par-

celles ou divisions doivent être ou devenir égales en quantité de bois par hectare, il suffira que chaque division porte plus de 300 m³. à l'hectare pour contenir dans son ensemble plus de bois à l'hectare que la forêt aménagée par coupes successives.

4° *Accroissement pour cent bien plus considérable qu'avec la futaie pleine.*

Cet accroissement peut arriver, dans certains cas, d'après M. Gurnaud, à être double ou triple de celui de la futaie ordinaire, ce qui, fait très important, permet de retirer d'une forêt jardinée d'après la méthode du contrôle, un intérêt aussi rémunérateur que celui retiré d'une forêt traitée en taillis et que celui de tout autre placement.

Ce point est assez important pour que nous nous y arrêtions un instant, car c'est le point le plus mis en doute par les adversaires du système, qui ne l'ont pas étudié à fond. Si la méthode du contrôle doit prévaloir un jour, comme nous le pensons, c'est à ce facteur que reviendra l'honneur de la victoire.

Nous ne pouvons pas entrer ici dans le détail complet d'un mémoire de M. Gurnaud présenté à l'Institut de France en janvier 1880 et intitulé : *La lumière, le couvert et l'humus, étudiés dans leur influence sur la végétation des arbres en forêt*¹ ; nous ne pouvons qu'y renvoyer les personnes que cette question intéresse particulièrement ; nous dirons seulement, en deux mots, qu'il y rend compte d'une expérience qui durait alors depuis dix-sept ans et qui avait pour but d'étudier la marche de l'accroissement d'une parcelle de 13 h. 32 comprise dans la chaîne du Jura, et ce en cubant périodiquement les futaies.

Il rappelle d'abord que dans 100 parties de bois il y a 51 parties de carbone, que tout le carbone des plantes leur vient de l'air atmosphérique, et que, dans les parties vertes, l'acide carbonique est décomposé sous l'influence de la lumière.

Son expérience se divise en cinq périodes de six, cinq, une, trois et deux années, pendant lesquelles la forêt, un taillis sous futaie, passe par toutes les phases que comporte l'exploitation d'un taillis. M. Gurnaud compare chaque fois l'assimilation du carbone par la futaie et sa transformation en bois, avec l'état plus ou moins serré du couvert dû au taillis.

¹ Les ouvrages de M. Gurnaud se trouvent à la librairie F. Payot, à Lausanne.

Il conclut de cette expérience, ainsi que de plusieurs autres qu'il a entreprises, que le maximum d'assimilation de carbone par la futaie, et par conséquent le maximum d'accroissement de cette dernière, correspond à un état particulier du sous-bois, soit du taillis, et tient en premier lieu à l'état dans lequel celui-ci passe de la quatrième à la dixième année qui suit la coupe, et en deuxième lieu à l'état qui suit une forte éclaircie faite postérieurement. M. Gurnaud en conclut que, pour que la futaie ait son maximum d'accroissement :

1° Il lui faut un sous-bois, et pour cela qu'il y ait mélange de bois de tout âge ;

2° Il faut que ce sous-bois, bien que donnant une certaine ombre, n'en donne pas trop ; s'il n'en était pas ainsi, la décomposition de l'humus qui fournit l'acide carbonique ne se ferait pas d'une manière convenable, et le degré de lumière réfléchie par le sol et nécessaire à l'absorption de l'acide carbonique par les feuilles des grands arbres ne serait pas atteint ou serait dépassé.

Que fait M. Gurnaud pour entretenir constamment sa forêt dans cet état, donnant le maximum d'accroissement, ce qui est évidemment le premier but à atteindre pour tout sylviculteur ? Il renouvelle ses éclaircies chaque fois qu'il s'aperçoit que l'état de sa forêt devient trop serré. Il a remarqué, et chacun peut le faire comme lui, en examinant la coupe d'un certain nombre de troncs d'arbres abattus, que, à chaque coupe, soit principale, soit surtout d'éclaircie, faite dans la forêt, correspond un élargissement des veines marquant les années de l'arbre, élargissement qui se continue environ pendant cinq ou six ans ; cela prouve que l'effet bienfaisant d'une éclaircie sur l'accroissement du bois dure de cinq à six ans ; par ce fait, M. Gurnaud a été conduit à revenir tous les cinq ou six ans sur le même point, avec les coupes d'éclaircie ; et comme il a reconnu que ce n'était qu'au grand détriment de l'accroissement que l'on faisait des coupes rases, il s'est borné à faire périodiquement des éclaircies dans lesquelles il coupe les bois mûrs et surabondants sans jamais faire de coupe définitive.

Tous les forestiers sont d'accord pour reconnaître les effets bienfaisants d'une éclaircie pour l'accroissement des arbres en forêt, et ils reconnaissent tous qu'après une éclaircie, quand il y a un sous-bois, l'accroissement augmente beaucoup pour dimi-

nuer ensuite, de telle façon que l'accroissement moyen d'un arbre est bien inférieur à ces élans qu'il prend après une éclaircie bien faite.

M. Gurnaud, profitant de cette observation et de celle relative au couvert dû au sous-bois, a trouvé moyen d'entretenir constamment la forêt dans l'état où elle donne son maximum d'accroissement et par conséquent le maximum de produit pour cent. Grâce à la forêt d'âge mêlé, grâce aussi au mélange d'essence qui présente avec sa méthode tant d'avantages et point d'inconvénients, il peut charger le sol d'un matériel plus considérable. Vous pouvez vous représenter facilement tous les avantages de cette méthode. Tout le monde, aussi bien les particuliers et les communes que l'Etat, pourra élever des hautes futaies avec avantage, puisque l'on pourra charger le sol d'un capital plus fort et que l'on en tirera un revenu à un taux plus élevé.

5° *Détermination exacte de l'accroissement annuel.*

Objet important au premier chef, qu'aucune autre méthode ne détermine exactement. (V. Puton, p. 24 et suiv.; Cotta, *Culture forestière*, traduit par Gand. Paris, 1836.)

M. Gurnaud commence par partager sa forêt en divisions à peu près égales en contenance et avant tout parfaitement délimitées sur le terrain, afin qu'il ne puisse jamais y avoir de confusion de comptages ou de produits entre les unes et les autres. Il adopte un nombre de divisions supérieur au nombre d'années de la période d'exploitation, quelquefois plus du double, suivant les cas et l'état des lieux.

Il ne tient compte ni de la nature du sol, ni de l'exposition, ni des peuplements; il cherche, avant tout, à avoir pour chaque division de bonnes limites naturelles; puis, au commencement de chaque période, soit tous les cinq ou six ans, suivant le nombre d'années adopté pour la période, il fait un dénombrement, soit comptage, pour chaque division, de tous les arbres dépassant une certaine circonférence¹. Ce comptage consiste à mesurer chaque arbre à 1^m.30 du sol, à l'aide du compas forestier, en appelant son essence et sa circonférence que le chef d'équipe inscrit sur un carnet.

Pour simplifier les opérations d'inscription et de cubage, les

¹ En France, l'on se sert plutôt de la circonférence; en Suisse, du diamètre; on conçoit aisément que cela revient au même.

arbres sont groupés sous un certain nombre de circonférences, par exemple de 0^m.60, 0^m.80, 1^m et ainsi de suite, de 20 en 20 centimètres; tout arbre qui dépasse 0^m.50 et n'atteint pas 0^m.70 est appelé pour 0^m.60 et ainsi de suite; puis, l'on cube tous les arbres par catégories de circonférences, en se servant d'un tarif, soit d'une table de cubage calculée d'avance et appropriée à la division au moyen de quelques arbres d'essai abattus et mesurés exactement.

Ce mode de procéder, par 20 centimètres, est très expéditif, et s'il n'est évidemment pas exact pour un arbre isolé, il le devient suffisamment pour quelques centaines ou quelques milliers d'arbres que comporte une division, par suite des compensations qui s'établissent, surtout lorsqu'il s'agit seulement de procéder par différences pour déterminer l'accroissement.

L'on établit ainsi le cube total des fûts des arbres formant la futaie de la division, et l'on néglige le sous-bois, c'est-à-dire tout ce qui n'atteint pas la circonférence fixée, ainsi que les branchages, considérant ces deux éléments comme des quantités constantes.

La différence entre les cubes totaux au commencement et à la fin de la période, donne l'accroissement pendant celle-ci et par conséquent la quantité de bois à couper, si l'on n'a aucune raison d'augmenter ou de diminuer son matériel.

Voilà en quoi consiste le contrôle et pourquoi M. Gurnaud a baptisé sa méthode : *méthode du contrôle*.

L'accroissement est donc parfaitement contrôlé par division et pour l'ensemble de la forêt; il peut l'être pour chaque essence comme aussi pour chaque grosseur d'arbres, puisque toutes ces données existent au carnet de comptage et dans les états formant le cahier d'aménagement, où on les copie.

6° *Détermination très exacte du moment où il convient de couper un arbre.*

Dans les anciennes méthodes, la méthode allemande en particulier, le forestier fixe, non pas tout à fait au hasard, mais avec bien peu de certitude d'être dans le vrai, le nombre d'années à adopter pour la révolution, et c'est ce chiffre qui donne l'âge auquel doivent être coupés tous les arbres de la forêt, quelle que soit la nature particulière du sol de la division où ils ont cru, leur exposition, en un mot les circonstances de leur croissance, et, en cas de mélange, leurs essences. Or, il est bien reconnu que, dans une grande forêt, l'accroissement est loin

d'être le même dans toutes les divisions et même pour tous les arbres d'une même division ; le sol, l'exposition et bien d'autres éléments influent d'une manière considérable sur l'accroissement.

La méthode du contrôle ne s'inquiète en aucune façon de l'âge auquel l'arbre doit être abattu ; elle ne prend en considération que son accroissement, lequel est déterminé par un mesurage fait périodiquement ; et elle coupe l'arbre, lorsque ce mesurage constate que l'accroissement n'est plus suffisant. Reste à déterminer :

1° Ce que l'on appelle un accroissement suffisant ;

2° Comment l'on constate cet accroissement pour un arbre particulier, afin de savoir quand il doit être abattu.

Pour savoir ce qu'est un accroissement suffisant et un accroissement insuffisant, il faut se rendre compte de la manière dont se fait dans un arbre l'augmentation de volume.

Ansistôt sorti de la graine qui lui a donné naissance, le jeune arbre augmente chaque année en diamètre et en hauteur, plus ou moins dans l'une ou l'autre dimension, suivant l'état plus ou moins serré du peuplement ; l'augmentation de volume peut, dans les premières années, être de 2 à 300 pour 100 du cube initial et même plus ; quand les arbres arrivent aux circonférences de 0^m.60 à 1 mètre, il peut encore être de 20 à 25 % ; plus tard il diminue et tombe à 10, 6, 4, 2 % et même à moins pour les très gros arbres. Mais en même temps que le taux diminue, le chiffre absolu de l'accroissement augmente, parce que, avec les gros arbres, le matériel, soit le capital, augmente fortement. Le propriétaire a donc la faculté de déterminer lui-même le taux de l'intérêt qu'il veut retirer de sa forêt ; étant bien entendu que, s'il lui en demande un trop fort, ce sera au détriment du revenu absolu ou total. Il lui suffit donc pour cela d'étudier l'accroissement pour cent de chacune des catégories de diamètres des arbres de sa forêt, et, s'il veut retirer 5 % par exemple, en moyenne, d'une forêt contenant 100 mètres cubes, de combiner les différentes grosseurs d'arbres, en la formant, par exemple, de :

$\frac{2}{10}$, soit 20 % d'arbres, donnant en moyenne le	
11 %, soit	2 ^m .20
$\frac{3}{10}$, soit 30 % d'arbres, donnant le 6 %, soit . .	1 ^m .80
et $\frac{5}{10}$, soit le 50 % d'arbres, donnant le 2 %, soit .	1 ^m .—

On aura pour les $\frac{10}{10}$ ou pour 100 m.³ un revenu de 5^m.—
soit le 5 %.

Cette proportion de 50 % en cube de gros arbres, 30 de moyens et 20 de petits, a été jusqu'ici reconnue la meilleure, par les expériences de M. Gurnaud. Comme elle n'est qu'une donnée d'expérience, elle est sujette à modifications au fur et à mesure des essais qui pourront être faits.

Si la forêt porte 400 mètres cubes à l'hectare, on trouvera le revenu comme suit :

200 mètres cubes à	2 %		4.— mètres cubes
120 "	6 "		7.20 "
80 "	11 "		8.80 "
400 "	5 "		20.— mètres cubes

soit par hectare 20 mètres cubes.

Une fois cette proportion déterminée, l'on voit aisément que, lorsqu'un arbre sera parvenu à une grosseur qui ne donnera plus le 2 % d'accroissement, il devra être coupé, puisqu'il fera baisser la moyenne de l'accroissement. C'est ce 2 % qui sera la limite du taux suffisant pour les arbres les plus gros.

Voyons maintenant comment l'on constate cet accroissement pour les arbres les plus gros de chaque division. Il semblerait, au premier abord, qu'il est nécessaire de marquer chaque arbre d'un numéro et d'en prendre la circonférence exacte à chaque comptage quinquennal ; mais, outre que cela occasionnerait un travail considérable, nous allons voir que ce n'est nullement nécessaire, du moment que les coupes se font par divisions très exactement déterminées sur le terrain.

En effet, si, en 1868, on trouve au comptage d'une division que les 14 plus gros arbres, de plus de 2 mètres de circonférence, cubent 78^m.54 ; que, en 1873, on trouve dans la même catégorie de grosseur que les 14 plus gros arbres cubent 83^m.22 (y compris ceux coupés dans l'intervalle), on pourra dire, d'un côté, que les plus gros en 1868 sont encore *très* probablement les mêmes en 1873, et, d'un autre côté, que l'accroissement de ces 14 arbres a été de 83.22 — 78.54 = 4^m3.68 pour cinq ans et par an de $\frac{4^m.68}{5} = 0^m3.93$ et pour cent par an de $\frac{0^m.93}{78.54} = 1^m3.19$.

Si, comme c'est probable, l'on trouve que ce taux de 1^m.19 n'est pas suffisant, l'on condamnera à être coupés les arbres de 2^m.20 et plus ; et, après avoir enlevé dans la coupe tous les arbres mal-venants, secs ou en mauvais état, on prendra les arbres de 2^m.20 et plus, en commençant par les plus gros.

Martelage. Voyons maintenant comment M. Gurnaude fait son martelage, soit la désignation des arbres à couper. Après avoir désigné les arbres mûrs comme nous venons de le voir, on cherche le reste des bois à couper parmi les arbres des catégories inférieures de grosseur qui gênent leurs confrères dans leur croissance, en se basant sur ce principe admis, jusqu'à preuve du contraire, que la forêt, après la coupe, doit contenir 50 % en cube de gros bois, 30 % de moyen bois et 20 % de petit bois.

Si l'on a, par exemple, dans une division, 300 mètres³ à couper, et que le matériel existant se compose de :

800^{m³} gros bois, 600^{m³} bois moyen et 400^{m³} petit bois, total 1800^{m³}

il faut couper :

50^{m³} gros bois, 150^{m³} bois moyen et 100^{m³} petit bois, » 300^{m³}

il restera :

750^{m³} gros bois, 450^{m³} bois moyen et 300^{m³} petit bois, » 1500^{m³}

Si le matériel se composait de :

900^{m³} gros bois, 540^{m³} bois moyen et 360^{m³} petit bois, total 1800^{m³}

on couperait :

150^{m³} gros bois, 90^{m³} bois moyen et 60^{m³} petit bois, » 300^{m³}

il resterait :

750^{m³} gros bois, 450^{m³} bois moyen et 300^{m³} petit bois, » 1500^{m³}

On commence, comme nous l'avons vu, le martelage en délivrance, en désignant par une marque les arbres à abattre et en prenant : 1° les arbres mal venants, difformes ou dépérissants, en notant leur grosseur, puis 2° l'on prend parmi les gros bois les plus gros, jusqu'à ce que l'on arrive au cube que l'on s'est fixé ; l'on passe ensuite aux moyens et aux petits, jusqu'à ce que l'on ait complété le cube à abattre par catégorie. Comme l'on connaît le cube moyen d'un arbre de chaque classe, l'on sait combien l'on a à prendre d'arbres de première, deuxième et troisième classes pour arriver au cube de 300 mètres. L'opérateur a donc trois données positives pour le guider dans son martelage : le cube total à prendre dans la division, le cube et le nombre d'arbres par classe de grosseur. De plus, l'expérience a enseigné qu'après avoir pris, dans chaque catégorie de grosseur, l'arbre dépérissant, ou, dans la première classe, l'arbre mûr qui ne grossit plus assez, le surplus est à prendre parmi les arbres intermédiaires qui gênent à la fois les arbres qui les dominent et ceux qu'ils dominent.

Il est à remarquer qu'en changeant le taux du produit demandé à la forêt, il y a peut-être lieu quelquefois de changer la proportion ci-dessus, de 50, 30 et 20 %.

Conclusion. On voit, par ce qui précède, que, comme mode d'exploitation, M. Gurnaud a adopté un système connu dès longtemps, probablement celui pratiqué dès l'origine des temps, alors que l'homme est allé, pour la première fois, demander à la forêt du bois pour son usage, savoir le mode jardinatoire. Sa forêt a pour type la forêt primitive ou vierge : il a innové quant au mode de contrôle qu'il opère au moyen de comptages répétés plus souvent et plus régulièrement que par ses prédécesseurs ; de plus, ce qui n'avait, croyons-nous, pas été fait jusqu'ici (à en croire, du moins, les principaux auteurs sur la matière), il détermine mathématiquement la quantité de bois à couper chaque année dans une forêt jardinée, soit son accroissement et sa possibilité, et il n'est pas obligé de faire ces revisions périodiques d'aménagement qui donnent si peu de confiance dans les méthodes employées jusqu'ici pour la fixation de la possibilité.

Il est remarquable que, sans s'en douter, M. Gurnaud soit arrivé, quant à la proportion de gros, moyen et petit bois, à peu près à la même proportion que celle donnée par les savants professeurs Lorenz et Parade, dans leur culture des bois, et Cotta, dans sa culture forestière. Quand ils parlent des réserves à faire dans les taillis sous futaie, ils indiquent : 42 % de gros bois, 36 % de bois moyen et 22 % de petit bois.

Un des caractères particuliers de la méthode Gurnaud est qu'elle se préoccupe beaucoup plus du rendement des forêts pour cent du matériel que de celui par hectare ; c'est plus industriel et plus commercial, car, dire que l'on est arrivé, dans telle ou telle forêt, à un rendement de tant par hectare, ne signifie pas grand'chose au point de vue financier, si l'on ne dit pas de quel capital cela représente l'intérêt.

Mais cela se conçoit, les grandes administrations forestières d'Etats, comme l'administration française, sont tenues de produire des bois de service pour la marine et les autres services publics ; elles sont donc forcées de traiter les forêts de l'Etat, en général, en haute futaie, et d'après les anciennes méthodes, ce qui implique un revenu de 1 à 2 %.

Sous cette forme, le revenu paraît très faible, tandis que, rapporté à l'hectare, il paraît très fort ; des arbres de 150, 200 et

300 ans donnant à l'hectare un cube très considérable comme capital et relativement aussi comme revenu.

Il n'est pas possible d'entrer ici dans le détail des objections que l'on fait au système :

Comptages que l'on dit trop coûteux (la réponse à ceci se trouve dans l'*Inventaire des massifs forestiers*, par le Dr Fankhauser);

Dégâts lors des exploitations;

Exploitations trop étendues.

Elles tombent toutes, en tout cas, devant le fait du revenu beaucoup plus élevé, qui compense et bien au-delà tous les inconvénients signalés.

Ainsi, en voulant chercher un remède à un mal existant dans les parties en forte pente de ma forêt, j'ai trouvé un système qui s'applique avec avantage à toutes les parties et s'adapterait même aux parties en plaine, si j'en avais.

DE LA RÉPARTITION
DE
L'IMPOT PROGRESSIF

PAR LE

D^r A.-A. ODIN,
professeur à l'Académie de Lausanne.

Pl. VIII.

INTRODUCTION.

A son origine, l'impôt paraît avoir été, dans chaque peuple où il fut établi et pour chaque classe de la société, une capitation (payée soit en corvées, soit en marchandises, soit en argent). Plus tard, on comprit que s'il y avait inégalité de fortunes, il était juste qu'il y eût aussi inégalité d'impôt et l'on créa l'impôt proportionnel (différant souvent pour les diverses classes de la société). Enfin, dans le courant de ce siècle, les esprits avancés furent amenés à la conviction que l'impôt proportionnel ne tenait pas suffisamment compte des inégalités de fortunes et ils furent amenés à créer l'impôt progressif. Cet impôt, plus que tous les autres, doit être basé sur une théorie économique et mathématique exacte; malheureusement, il n'a pu être introduit dans les différentes législations qui l'ont adopté qu'au milieu d'une telle agitation des esprits, qu'il eût été difficile dans ces moments-là d'étudier soigneusement la question; il en est résulté que les divers modes de répartition qui furent adoptés sont tous absolument arbitraires et ne remplissent que très imparfaitement leur but. Il y a là une réforme importante à faire et c'est spécialement avec l'espoir d'attirer sur elle l'attention des personnes compétentes, que nous croyons utile de publier ce mémoire.

Il n'y a que relativement peu d'années que l'on a avec succès appliqué les mathématiques proprement dites aux questions économiques; cette application n'est pas sans présenter de grandes difficultés, surtout grâce au fait que plusieurs éléments, que l'on est obligé cependant d'introduire dans les formules, ne se laissent pas mesurer directement; malgré cela, nous croyons qu'il n'est pas impossible de faire dériver la répartition de l'impôt de

quelques principes élémentaires pouvant être facilement admis. Mais avant de poser ces principes, il convient de rappeler comment on peut motiver l'impôt progressif.

On doit admettre que les biens indispensables à la subsistance de tout être humain civilisé doivent être exonérés de tout impôt (par le seul fait qu'ils sont indispensables et ne peuvent subir de diminution). Cela est, du reste, en relation immédiate avec les idées humanitaires qui tendent à se propager de plus en plus et qui veulent que chacun ait, sinon l'aisance, tout au moins l'indispensable.

De nos jours encore, on admet généralement que l'impôt ne doit jamais diminuer la source des revenus du contribuable. Il résulte de là qu'il ne doit pas être calculé d'après le capital que possède un contribuable, mais bien d'après le revenu que produit ce capital ou tout au moins d'après le revenu moyen que devrait produire ce capital, s'il était utilisé; en effet, le taux moyen des placements peut subir des fluctuations telles qu'à un moment donné, l'impôt arrive à dépasser le revenu, et, si une telle éventualité n'est guère à prévoir dans la pratique, il se produit, par contre, des inégalités telles que la répartition de l'impôt devient souverainement injuste. Nous ne nous occuperons, par conséquent, que de l'impôt sur le revenu, et supposons que si un contribuable possède une fortune mobilière ou immobilière, cette fortune est remplacée par son revenu au taux moyen du jour correspondant à l'espèce de fortune.

Il convient ici de bien fixer que tout ce que nous dirons se rapporte à la moyenne des contribuables. Pour avoir l'égalité parfaite, il devrait y avoir un impôt spécial pour chaque personne, mais comme une pareille mesure n'est pas praticable, nous sommes obligé d'admettre que toutes les personnes jouissant du même revenu sont exactement dans la même position sociale, ont les mêmes besoins, font les mêmes dépenses, etc. En d'autres termes, tout ce que nous dirons se rapportera à la moyenne des contribuables et plus particulièrement à la moyenne des contribuables de la Suisse romande dont la vie nous est le mieux connue.

Afin de lier entre elles les conditions sociales des diverses classes de la société, nous parlerons toujours d'un contribuable fictif dont le revenu, partant de zéro, aille en augmentant d'une manière continue jusqu'à l'infini et nous supposerons qu'à un moment quelconque, ce contribuable ait exactement les mêmes

jouissances, les mêmes besoins que la moyenne des contribuables qui ont le même revenu que lui.

Faisons maintenant un pas de plus et voyons sur quelle idée fondamentale nous pourrions nous baser pour fixer la théorie de la répartition de l'impôt. Nous pourrions exprimer cette idée fondamentale de deux manières, différentes de forme, mais qui, nous le verrons plus loin, conduisent exactement au même résultat.

En premier lieu, nous dirons que, si le revenu d'une personne augmente, le taux de l'impôt qu'elle aura à payer sur cette augmentation doit être d'autant plus élevé que cette augmentation de revenu lui est moins nécessaire¹. Etabli sur ce principe, un impôt peut à juste titre être appelé l'impôt sur le superflu. Si l'on pouvait fixer mathématiquement une valeur au-dessus de laquelle le revenu devienne superflu, il suffirait d'exonérer la partie nécessaire et d'établir un impôt proportionnel sur le superflu ; mais comme, d'une part, l'augmentation du revenu passe insensiblement de l'indispensable au superflu, et que, d'autre part, ce dernier n'est jamais complètement atteint, on est obligé d'employer le moyen terme qui consiste à grever toute augmentation du revenu d'un impôt d'autant plus élevé que cette augmentation est moins nécessaire. Il en résulte que, si le revenu (surpassant l'indispensable) est 0 ou plus exactement infiniment petit, il sera encore infiniment nécessaire et devra être grevé d'un impôt dont le taux est infiniment petit (0 à la limite). De même, si une personne a un revenu tellement immense que toute augmentation lui serait absolument superflue, une pareille augmentation devra être grevée de l'impôt maximum, c'est-à-dire, devra passer en entier au fisc ; le taux de l'impôt perçu sur cette augmentation sera 1².

La deuxième manière de motiver l'impôt progressif est la suivante : Lorsqu'une personne a un certain revenu, elle en retire une certaine somme de jouissances ; plus cette somme de jouissances sera grande, plus grand aussi devra être l'impôt qu'elle aura à payer sur toute augmentation que pourra subir son re-

¹ Voir aussi M^{lle} Royer : *Théorie de l'impôt ou la dîme sociale*. Paris, 1862. Chapitre IV, spécialement pages 51 et 52.

² Ici le taux sera toujours exprimé par un nombre absolu et non pas en ‰ ou ‰‰ ; ainsi, au lieu d'écrire 5 ‰, 15 ‰‰, nous écrirons 0.05 ou 0.015.

venu. En appliquant cela aux extrêmes, nous dirons que si une personne ne possède que le minimum indispensable, son revenu ne lui procure qu'une jouissance infiniment petite et s'il vient à augmenter d'une très petite quantité, cette augmentation devra être grevée d'un impôt dont le taux sera aussi infiniment petit. De même, si une personne jouit d'un revenu lui procurant le maximum des jouissances possibles, il sera juste que si ce revenu augmente, l'augmentation revienne en entier au fisc, c'est-à-dire que cette personne paye un impôt dont le taux soit 1 sur toute augmentation de son revenu.

Point de départ.

Passons à la recherche de la loi élémentaire qui servira de base à notre système d'impôt en cherchant à interpréter mathématiquement les deux manières d'envisager l'impôt progressif. Soit x le revenu de notre contribuable à un moment donné (déduction faite de la partie indispensable); nous le nommerons le *revenu brut*. Appelons u l'impôt total qui doit être payé sur ce revenu x . Le contribuable pourra donc disposer librement du revenu $x - u$ que nous appellerons son *revenu net*. Supposons que le revenu brut augmente de dx ; cette augmentation sera grevée d'un impôt du calculé d'après un taux y , de telle manière que l'on ait

$$(1) \quad du = y \, dx$$

ou

$$y = \frac{du}{dx}$$

y est ce que nous pouvons appeler le *taux de l'impôt correspondant au revenu x* ; il varie avec x et il est absolument différent du taux moyen que l'on obtient en divisant l'impôt total u par le revenu total x . Pendant que le revenu brut s'est accru de dx , le revenu net se sera accru de

$$dx - du = d(x - u)$$

Cherchons maintenant, en nous servant de ces notations, à interpréter mathématiquement la première manière susmentionnée de motiver l'impôt progressif. Appelons U l'utilité de l'accroissement du revenu net $x - u$; U ne dépendra que de ce

revenu net (que l'on possède déjà) et l'on peut admettre que U sera d'autant plus faible que $x - u$ sera plus grand. Tant que $x - u$ est infiniment petit ou nul, l'utilité U est infiniment grande parce que le revenu $x - u$ n'est nul que dans le cas où le contribuable ne possède que l'indispensable, soit la partie infiniment utile que nous retranchons au préalable de tout revenu. De même, si $x - u$ pouvait être infini, U serait naturellement nul. Ceci nous engage à admettre dans nos calculs que l'utilité U est inversement proportionnelle au revenu net $x - u$, ou plus généralement inversement proportionnelle à une puissance de $x - u$. Nous poserons donc :

$$U = \frac{a}{(x - u)^\alpha}$$

Cette formule nous donne l'utilité d'une augmentation du revenu en fonction de ce revenu. Si le revenu augmente, l'utilité d'un accroissement diminue et vice-versa. Supposons que le revenu brut augmente de dx , l'utilité d'un accroissement diminuera d'une quantité dU qui nous est donnée en différentiant l'équation ci-dessus et que l'on reconnaît facilement être égale à

$$-dU = \frac{\alpha a d(x - u)}{(x - u)^{\alpha + 1}}$$

Au lieu de considérer la diminution absolue de l'utilité, laquelle ne se laisse pas mesurer, il est plus rationnel de considérer la diminution relative (soit en centièmes ou millièmes) que l'on obtient en divisant la diminution de l'utilité par cette utilité elle-même, ce qui donne

$$-\frac{dU}{U} = \frac{\alpha d(x - u)}{x - u}$$

Mais si l'augmentation du revenu diminue d'utilité, elle doit être accompagnée d'un accroissement du taux de l'impôt (qui fera sentir son effet sur des accroissements ultérieurs du revenu). Le taux était y ; pendant que le revenu augmente de dx , il augmentera de dy ; son augmentation relative est donc

$$\frac{dy}{y}$$

et nous donnerons, nous semble-t-il, la meilleure interprétation de la première manière d'envisager l'impôt progressif en disant que l'augmentation relative du taux de l'impôt doit être égale, ou tout au moins proportionnelle à la diminution relative de l'utilité d'une augmentation du revenu. Nous poserons donc, en désignant par b une nouvelle constante positive :

$$\frac{dy}{y} = -b \frac{dU}{U}$$

ou

$$\frac{dy}{y} = b\alpha \frac{d(x-u)}{x-u}$$

Comme b et α sont des constantes, $b\alpha$ est aussi une constante que nous désignerons par :

$$b\alpha = \frac{1}{p}$$

ce qui nous donnera :

$$\frac{dy}{y} = \frac{1}{p} \frac{d(x-u)}{x-u}$$

L'intégrale générale de cette équation est :

$$(2) \quad y = \left(\frac{x-u}{c} \right)^{\frac{1}{p}}$$

où p et c peuvent être des nombres positifs quelconques.

Passons au deuxième mode de raisonnement pour motiver l'impôt progressif, et partons des mêmes données que pour le premier. Un revenu x est grevé d'un impôt total u , ce qui le réduit au revenu net ou disponible $x - u$. Supposons que le revenu brut augmente de dx ; l'impôt sur cette augmentation sera $du = ydx$; nous avons dit qu'il doit être d'autant plus élevé que le revenu net $x - u$ procure une plus grande somme de jouissances à son possesseur; dx étant arbitraire (pourvu qu'il soit très petit), cela revient à dire que le taux y doit être en relation directe avec la somme de jouissances J que le contribuable retire de son revenu net; si le revenu net augmente de $d(x - u)$, la somme de jouissances qu'il procure croîtra aussi d'une certaine

quantité dJ , et nous admettrons que l'augmentation relative correspondante du taux de l'impôt, soit

$$\frac{dy}{y}$$

sera proportionnelle à l'augmentation relative correspondante

$$\frac{dJ}{J}$$

de la somme de jouissances produite par le revenu net. Nous écrirons donc :

$$\frac{dy}{y} = K \frac{dJ}{J}$$

Mais la somme de jouissances J produite par le revenu net $x - u$ est elle-même en relation directe avec ce revenu ; s'il augmente, elle augmente aussi ; s'il diminue, elle diminue. Supposons que le revenu net augmente de $d(x - u)$; la somme de jouissances qu'il procure augmente de dJ ; on doit admettre en premier lieu que dJ est proportionnel à $d(x - u)$ — ceci est un principe mathématique exact — mais nous devons admettre aussi que dJ décroît à mesure que $x - u$ augmente¹. Nous avons donc une fonction J de $x - u$ qui va en augmentant de 0 à ∞ quand $x - u$ croît de 0 à ∞ , et dont la différentielle dJ va en décroissant jusqu'à 0 à mesure que $x - u$ va en croissant. Une telle fonction est par exemple de la forme

$$J = l (x - u)^\lambda$$

λ étant compris entre 0 et 1 et l étant un nombre positif quelconque ; cette fonction nous paraît assez bien représenter la manière dont varie la somme de jouissances que l'on retire d'un revenu, car elle varie d'une manière constante et satisfait très bien aux conditions limites ; sa différentielle est

$$dJ = \frac{l\lambda d(x - u)}{(x - u)^{1-\lambda}}$$

¹ Si deux personnes ayant un revenu, l'une de 1,000 fr., l'autre de 10,000 fr., voient toutes les deux leur revenu s'augmenter de 100 fr., cette augmentation procurera à la première une plus grande somme de jouissances qu'à l'autre.

elle représente l'augmentation absolue de la somme de jouissances que le contribuable retire du revenu net; comme pour l'utilité, nous ne considérerons que l'accroissement relatif

$$\frac{dJ}{J} = \frac{\lambda d(x-u)}{x-u}$$

En introduisant cette valeur dans l'équation

$$\frac{dy}{y} = K \frac{dJ}{J}$$

que nous avons déjà motivée plus haut, il vient

$$\frac{dy}{y} = K \frac{\lambda d(x-u)}{x-u}$$

K étant un nombre positif quelconque; faisons ici

$$K\lambda = \frac{1}{p}$$

et intégrons l'équation différentielle ci-dessus, nous retrouvons l'équation (2)

$$(2) \quad y = \left(\frac{x-u}{c} \right)^{\frac{1}{p}}$$

C'est cette équation qui nous servira de point de départ pour tous nos calculs; elle indique que le taux de l'impôt est proportionnel à une certaine puissance du revenu net, ce qui est absolument en harmonie avec tout ce que nous avons admis.

Avant de chercher à tirer de cette formule une relation entre x et y , il est bon de reconnaître quelle est la signification de c et de p . A cet effet, transformons l'équation (2) en la résolvant par rapport à $x-u$, ce qui donne

$$(3) \quad x-u = cy^p$$

y étant toujours compris entre 0 et 1, $x-u$ sera compris entre 0 et c et atteindra c à la limite quand le taux y sera 1. Ceci nous montre que c est une limite supérieure du revenu net, limite qui ne sera jamais atteinte dans la pratique.

Notre système d'impôt se distingue donc de tous ceux établis jusqu'à présent, en ce que, si le revenu brut croît indéfiniment, il n'en est pas de même du revenu net, qui est astreint à

rester inférieur à une certaine valeur c ; cela provient de ce qu'à mesure que le revenu augmente, le taux de l'impôt se rapproche toujours plus de 1, en sorte que l'impôt englobe une partie toujours plus considérable du revenu à mesure que celui-ci augmente. Cela n'a absolument pas pour conséquence, comme on pourrait le croire d'abord, une progressivité exagérée de l'impôt sur les revenus existants, car la limite c peut être choisie aussi élevée que l'on veut, et en faisant varier c et p , on peut déduire des formules 2 et 3 des systèmes d'impôt de tous les degrés de progressivité possible.

c et p jouent dans nos formules des rôles très différents. En faisant varier c , on ne change pas la nature du système d'impôt progressif, car un tel changement peut toujours être ramené à une variation de l'unité monétaire; les formules 2 et 3 montrent, en effet, que si x , u et c augmentent ou diminuent dans le même rapport, la loi suivant laquelle le taux y varie n'est modifiée en aucune façon. La constante p régit donc à elle seule la nature du système d'impôt, et, pour cette raison, nous l'appellerons l'*exposant de progressivité* du système d'impôt progressif.

Relation directe entre le revenu et le taux de l'impôt.

Proposons-nous maintenant de rechercher une relation directe entre x et y au moyen du système des équations

$$(1) \quad du = y \, dx$$

$$(3) \quad x - u = c y^p$$

Différentions l'équation (3); il vient

$$dx - du = cp y^{p-1} dy$$

et en utilisant l'équation (1)

$$dx - y \, dx = cp y^{p-1} dy$$

$$(4) \quad dx = cp \frac{y^{p-1}}{1-y} dy$$

Intégrons cette équation en remarquant, comme nous l'avons montré, qu'à $y = 0$ doit correspondre $x = 0$, et nous obtenons

$$(5) \quad x = cp \int_0^y \frac{y^{p-1}}{1-y} dy$$

Comme y est toujours plus petit que 1, cette intégration s'effectue le plus simplement en développant l'expression à intégrer en série suivant les puissances croissantes de y ; on arrive de cette manière à la formule suivante :

$$(6) \quad \begin{aligned} x &= cp \left(\frac{y^p}{p} + \frac{y^{p+1}}{p+1} + \frac{y^{p+2}}{p+2} + \dots \right) = \\ &= cp y^p \left(\frac{1}{p} + \frac{y}{p+1} + \frac{y^2}{p+2} + \dots \right) \end{aligned}$$

Cette formule, qui est tout à fait générale et peut être employée dans tous les cas, nous donne à elle seule la solution du problème que nous nous sommes proposé, puisqu'elle permet de calculer numériquement le revenu brut x en fonction du taux y (de l'impôt) correspondant à ce revenu. A vrai dire, dans la pratique, c'est le contraire que l'on a à faire; on a à calculer le taux correspondant à un revenu donné et non pas le revenu correspondant à un taux donné. Mais on obvie à cet inconvénient, qui n'est du reste qu'apparent, en calculant une table des valeurs de x correspondantes à un assez grand nombre de valeurs de y ; cette même table indiquera avec une précision suffisante le taux y correspondant à un revenu quelconque x . Au reste, il n'est pas impossible d'exprimer y en fonction de x ; il suffit de faire l'inversion de l'équation (6), et on obtient une série suivant des puissances croissantes de x , série dont les exposants ne sont pas entiers et dont les coefficients sont très laborieux à calculer; comme cette série ne nous serait que de peu d'utilité, nous nous sommes cru dispensé de chercher à l'établir.

La formule (6) est d'un emploi très facile, si y est petit, inférieur à 0.1, par exemple, parce qu'elle est alors très convergente; par contre, si la valeur de y diffère peu de 1, le calcul par le moyen de cette série devient très pénible, et le besoin d'une forme finie remplaçant cette série se fait impérieusement sentir.

En se reportant à l'équation (5), on reconnaît que l'intégration peut être effectuée sous forme finie, si p est un nombre rationnel, ce qui peut du reste toujours être admis. Le résultat est même très simple, si p est un nombre entier, car on trouve alors ¹ :

¹ La caractéristique $\log$ désigne toujours un logarithme naturel.

$$(7) \quad x = cp \left[\log \frac{1}{1-y} - \left(\frac{y}{1} + \frac{y^2}{2} + \frac{y^3}{3} + \dots + \frac{y^{p-1}}{p-1} \right) \right]$$

Passons au cas où p est fractionnaire, et posons :

$$(8) \quad p = q + \frac{m}{n}$$

q étant un nombre entier et $\frac{m}{n}$ une fraction irréductible plus petite que 1. x se compose alors de deux parties distinctes, indiquées dans la formule suivante :

$$(9) \quad x = cp \left[Y - \left(\frac{y^{p-q}}{p-q} + \frac{y^{p-q+1}}{p-q+1} + \dots + \frac{y^{p-1}}{p-1} \right) \right]$$

La première partie Y , qui n'est pas donnée explicitement dans la formule, a pour valeur :

$$(10) \quad Y = \int_0^y \frac{y^{\frac{m}{n}-1}}{1-y} dy$$

Pour la calculer, on la transforme avantageusement en l'une des deux autres expressions

$$(11) \quad Y = n \int_{t=0}^{t=y^{\frac{1}{n}}} \frac{t^{m-1}}{1-t^n} dt$$

$$(12) \quad Y = n \int_{s=\infty}^{s=y^{-\frac{1}{n}}} \frac{s^{n-m-1}}{1-s^n} ds$$

Ce sont ces formules-là qui montrent que l'intégration peut toujours être effectuée sous forme finie, puisque c'est une fonction rationnelle que l'on a à intégrer. Elles montrent en outre que l'intégrale indéfinie que l'on aura à calculer pour avoir la valeur de Y correspondant à une certaine fraction

$$\frac{m}{n}$$

sera la même que pour la fraction

$$\frac{n - m}{n}$$

à condition d'employer la première fois la formule (11) et la deuxième fois la formule (12) ou vice-versa; il n'y a de changé que les limites d'intégration.

Il serait parfaitement inutile de vouloir rechercher une expression générale finie de Y pour toutes les valeurs possibles de m et de n . Il nous suffira de donner ici les valeurs de Y pour les trois cas suivants, qui seront presque toujours suffisants dans la pratique :

$$(13) \begin{cases} \frac{m}{n} = \frac{1}{4} & Y = \log \left(\frac{1 + \sqrt[4]{y}}{1 - \sqrt[4]{y}} \right) + 2 \operatorname{arctg} \sqrt[4]{y} \\ \frac{m}{n} = \frac{1}{2} & Y = \log \left(\frac{1 + \sqrt{y}}{1 - \sqrt{y}} \right) \\ \frac{m}{n} = \frac{3}{4} & Y = \log \left(\frac{1 + \sqrt[4]{y}}{1 - \sqrt[4]{y}} \right) - 2 \operatorname{arctg} \sqrt[4]{y} \end{cases}$$

Nous sommes maintenant en mesure de calculer avec toute l'exactitude voulue une valeur de x correspondant à une valeur donnée de y , en supposant, bien entendu, que p et c nous soient donnés, mais il ne nous est pas encore facile de nous rendre compte des systèmes d'impôts trouvés; comme c'est pourtant là l'un des points essentiels de notre travail, nous donnerons avec quelques détails la discussion.

Des divers systèmes d'impôt progressif qui peuvent être obtenus en faisant varier l'exposant de progressivité.

Le meilleur moyen de se rendre compte de la relation qui lie le revenu brut x et le taux de l'impôt y correspondant à ce revenu, est de la représenter par une courbe, en portant x comme abscisse et y comme ordonnée (Pl. VIII, fig. 1) d'un système de coordonnées cartésiennes rectangulaires. La seule partie de la courbe

qui nous intéresse est celle qui se rapporte aux x et aux y positifs; tous ses points sont donnés par des valeurs de y comprises entre 0 et 1, en sorte que la droite $y = 1$ est une asymptote à la courbe; si OB représente l'unité des ordonnées, l'asymptote est donc la droite BL parallèle à l'axe des revenus bruts Ox . En outre, la courbe passe par l'origine.

Soit M un point de la courbe; menons NML parallèle à OB . ON représente un revenu brut x_0 et NM le taux y_0 correspondant à ce revenu. Mais comme $OB = 1$, le revenu brut est aussi représenté par l'aire du rectangle $ONLB$.

Pour chaque point de la courbe, on a :

$$(1) \quad du = y \, dx$$

Il en résulte que l'impôt du perçu sur l'élément de revenu dx est représenté par l'aire de l'élément de surface compris entre Ox et la courbe d'une part, et les ordonnées menées aux extrémités de dx d'autre part. Si l'on fait la somme de tous ces éléments, on voit que l'impôt total u_0 perçu sur le revenu brut x_0 est représenté par l'aire du triangle curviligne ONM (fig. 1 et 2) et qu'en conséquence, le revenu net est représenté par l'aire du quadrilatère curviligne $OBLM$. A la limite, pour une valeur de x infiniment grande, ce quadrilatère devient la surface entière comprise entre OB , l'asymptote BL et la courbe (fig. 3); cette surface, qui se termine en pointe à l'infini, a cependant une valeur finie, puisqu'elle nous donne la limite supérieure que ne doit jamais atteindre le revenu net, limite que nous avons appelée c .

Notre courbe nous donne donc directement la liaison entre le revenu brut, le taux de l'impôt à un moment quelconque, l'impôt total et le revenu net.

Pour dessiner la courbe et pour arriver à en reconnaître exactement la forme, il est nécessaire de pouvoir construire la tangente à la courbe en un point quelconque et surtout à l'origine, et de trouver ceux des points de la courbe où la courbure est nulle (si elle en a).

La direction de la tangente en un point quelconque est déterminée par son coefficient angulaire rapporté à l'axe des y , et qui est donné par l'équation

$$(4) \quad \frac{dx}{dy} = cp \frac{y^{p-1}}{1-y}$$

Les points en lesquels la courbure est nulle sont aussi ceux pour lesquels le rayon de courbure est infiniment grand. Nous avons donc, à cet effet, établi une formule qui nous donne le rayon de courbure de telle manière que nous reconnaissons immédiatement sa grandeur pour les valeurs finies de y et spécialement pour $y = 0$. Cette formule, établie par le procédé général du calcul différentiel et en partant de la formule générale

$$R = \frac{\left[1 + \left(\frac{dx}{dy}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}{\frac{d^2x}{dy^2}}$$

est la suivante :

$$(14) \quad R = \frac{\left[\left[\frac{y^{2-p}(1-y)^2}{cp}\right]^{\frac{2}{3}} + \left[\frac{c^2 p^2 y^{2p-1}}{1-y}\right]^{\frac{2}{3}}\right]^{\frac{3}{2}}}{(p-1) - (p-2)y}$$

Nous sommes maintenant en état de reconnaître quelles sont les diverses formes que peut prendre notre courbe, ou, ce qui revient au même, quels sont les divers systèmes d'impôts susceptibles d'être déduits de nos formules et compatibles avec les hypothèses formant notre point de départ. Nous n'avons, pour cela, qu'à donner successivement à l'exposant de progressivité p toutes les valeurs possibles et voir dans chacun des cas comment se comporte la courbe représentative de l'impôt. Nous pouvons prendre pour cet exposant p un nombre positif quelconque, en sorte que, pour notre discussion, nous devons commencer par évaluer p à l'infini, et nous devons ensuite lui donner des valeurs allant en décroissant successivement jusqu'à une valeur infiniment petite ou nulle. Voici les différents cas qui peuvent se présenter :

1) p est infiniment grand. Il convient, dans ce cas, de résoudre l'équation (3) par rapport à y , ce qui donne :

$$y = \left(\frac{1}{c}\right)^{\frac{1}{p}} (x-u)^{\frac{1}{p}}$$

et en posant :

$$\left(\frac{1}{c}\right)^{\frac{1}{p}} = \gamma$$

$$y = \gamma (x-u)^{\frac{1}{p}}$$

Quel que soit p , on pourra toujours déterminer c de telle manière que γ soit égal à un nombre donné; si nous faisons croître p vers l'infini, nous aurons simplement

$$y = \gamma$$

Le taux étant constant, l'impôt est proportionnel; celui-ci n'est donc qu'un cas particulier de l'impôt progressif, qui devient ainsi proportionnel si son exposant de progressivité est infiniment grand. Quant à la courbe représentative, elle est dans ce cas une ligne droite; une analyse infinitésimale plus scrupuleuse montrerait qu'elle a la forme indiquée dans la figure 4.

2) p , sans être infini, est plus grand que 2. — En faisant $y = 0$ dans les formules (4) et (14), on a :

$$\frac{dx}{dy} = 0 \qquad R = \infty$$

La courbe est donc à l'origine tangente à l'axe des y , et, tellement tangente, que son rayon de courbure à l'origine est infiniment grand, ce qui fait que y atteint très rapidement une valeur élevée et n'augmente plus ensuite que lentement (fig. 5); c'est, de toutes les catégories d'impôt progressif que nous décrivons en ce moment, celle qui se rapproche le plus de l'impôt proportionnel.

3) p est plus grand que 1, mais ne surpasse pas 2. — La courbe (fig. 6) touche encore l'axe des y à l'origine, mais, en ce point, son rayon de courbure n'est plus infini. Le taux y atteint moins rapidement des valeurs élevées que dans le cas précédent, et, par suite, l'impôt est plus fortement progressif.

Dans les groupes d'impôt que nous venons d'examiner, la concavité de la courbe représentative est toujours tournée vers l'axe des x ; le taux de l'impôt augmente d'autant moins vite que le revenu est plus grand. De pareils systèmes d'impôt, sans viser à ménager les grands revenus, ne leur portent cependant pas directement atteinte; ils ne visent pas non plus à l'exonération presque absolue des petits revenus.

4) p est égal à 1. — Nous avons là un cas intermédiaire entre les impôts dont nous venons de parler, et qui respectent par leur esprit l'état actuel des choses, et ceux qui suivent et qui pourraient porter atteinte à cet état de choses. En posant $p = 1$ et $y = 0$ dans les formules (4) et (14), il vient :

$$\frac{dx}{dy} = c$$

$$R = c^2$$

La tangente de la courbe (fig. 7) à l'origine n'est plus l'axe des y , mais bien une droite qui coupe l'asymptote au point dont l'abscisse est égale à la valeur maximale c du revenu net. Pour de très petites valeurs du revenu x , le taux y croît donc proportionnellement à ce revenu. La concavité de la courbe est encore toujours tournée vers l'axe des x .

5) p est plus petit que 1, mais n'est pas inférieur à $1/2$; pour $y=0$, on a :

$$\frac{dx}{dy} = \infty$$

ce qui fait qu'à l'origine, la courbe est tangente à l'axe des x (fig. 8); en ce point, son rayon de courbure est du reste fini. Près de l'origine, la courbe a donc nécessairement sa convexité tournée du côté de l'axe des x ; mais, comme elle a une asymptote parallèle à cet axe, sa courbure doit changer une fois de sens, c'est-à-dire que la courbe doit avoir un point d'inflexion; l'ordonnée de ce point est comprise entre 0 et 1; nous obtenons sa valeur en égalant à 0 le dénominateur de R dans la formule (14); nous obtenons ainsi :

$$(15) \quad y = \frac{p-1}{p-2}$$

Ce taux est compris entre 0 et $1/3$, ce qui veut dire qu'il n'est pas en dehors des limites de ceux qui se présentent dans la pratique. D'après la forme de la courbe, on reconnaît qu'à de petits revenus correspondent des taux d'impôts presque nuls; si le revenu atteint l'abscisse du point d'inflexion, le taux augmente très rapidement (le plus rapidement), puis cet accroissement se ralentit, comme toujours, à mesure que le revenu tend vers l'infini. Par l'existence du point d'inflexion, on voit s'accroître le fait que le revenu net doit varier d'autant moins que l'impôt est plus progressif.

6) p est plus petit que $1/2$, mais n'est pas infiniment petit. — C'est, si l'on en excepte le cas extrême qui suit, le groupe d'impôt le plus progressif; on reconnaît qu'à l'origine la courbe (fig. 9) est non-seulement tangente à l'axe des x , mais que son rayon

de courbure est infiniment grand. L'autre point d'inflexion de la courbe a encore son ordonnée donnée par la formule (15), mais elle est ici comprise entre $\frac{1}{3}$ et $\frac{1}{2}$. Au reste, ce cas ne se distingue du précédent qu'en ce que l'idée socialiste qui y est renfermée est plus accentuée.

7) Enfin, nous pouvons, comme valeur limite, supposer que p soit égal à 0, ou plus exactement que p soit infiniment petit. Reprenons l'équation (4) et adaptons-la à notre cas en l'écrivant comme suit :

$$\frac{dx}{dy} = \frac{cp}{y^{1-p}(1-y)}$$

On reconnaît facilement dans cette formule que, si p est infiniment petit, le coefficient angulaire $\frac{dx}{dy}$ est toujours nul tant que y n'est pas égal à 0 ou à 1, auquel cas il devient infiniment grand, comme il est facile de s'en assurer. De là résulte que la courbe représentative a la forme brisée indiquée dans la fig. 10. Il est impossible d'imaginer un impôt plus progressif que ce dernier¹; en effet, jusqu'à un certain revenu, le taux de l'impôt est toujours nul (plus exactement infiniment petit), et à partir de ce revenu, le taux devient égal à 1, ce qui signifie que l'impôt enlève tout le surplus du revenu. Nous pouvons encore exprimer cela autrement, et dire que, jusqu'à un certain revenu c , l'impôt est nul et le revenu net est égal au revenu brut, et que tous les revenus bruts supérieurs à c sont réduits par l'impôt au revenu net fixe c .

Jusqu'à présent, nous n'avons considéré que des quantités positives. Il serait absurde de vouloir, dans un autre but que celui d'une étude mathématique pure, discuter les cas qui se présenteraient si les revenus x et c et le taux y devenaient négatifs. Par contre, si nous donnons à l'exposant de progressivité p une valeur négative, toutes les autres quantités qui se trouvent dans nos formules resteront positives, et nous trouverons de nouveaux systèmes d'impôt progressif dans lesquels le taux de l'impôt, au lieu de croître avec le revenu, ira au contraire en diminuant à mesure que ce dernier augmentera.

¹ Nous excluons le cas d'un impôt qui pourrait devenir négatif, c'est-à-dire, qui admettrait que l'Etat paie une contribution aux personnes dont le revenu serait inférieur à une certaine limite.

La formule (6), que nous avons établie en supposant que p était positif, subsiste pour le cas où p est un nombre négatif non entier; seulement, comme à $y=0$ ne correspond plus $x=0$, nous devons ajouter à la valeur de x une constante d'intégration x_0 qui reste indéterminée. Ainsi, la formule (6) devient, pour le cas où p est une quantité négative autre qu'un nombre entier :

$$x = x_0 + cp \left[\frac{y^p}{p} + \frac{y^{p+1}}{p+1} + \frac{y^{p+2}}{p+2} + \dots \right]$$

Pour le cas où p est un nombre entier négatif, on arrive aisément à la formule finie suivante :

$$x = x_0 + cp \left[\frac{y^p}{p} + \frac{y^{p+1}}{p+1} + \frac{y^{p+2}}{p+2} + \dots + \frac{y^{-1}}{-1} + \log y(1-y) \right]$$

Si, dans ces formules, nous faisons $y=0$ et $y=1$, nous trouvons $x=+\infty$ et $x=-\infty$; la courbe représentative aura donc cette fois pour asymptotes la direction positive de l'axe des x et la direction négative de la droite $y=1$ que nous avons déjà comme asymptote lorsque p était positif. Examinons brièvement les différentes formes que prend la courbe si l'on fait varier p de $-\infty$ à 0.

Si p est infiniment grand négatif, on se retrouve exactement dans le même cas que s'il est infiniment grand positif, et l'on a l'impôt proportionnel, qui est ainsi le lien entre nos deux grandes classes d'impôt progressif.

Si p est un nombre négatif quelconque qui ne soit ni infiniment grand, ni infiniment petit, la courbe représentative prend la forme indiquée dans la figure 11. L'impôt est inversement progressif; les petits revenus sont grevés de l'impôt le plus fort, tandis que les gros revenus paient plus que les petits, il est vrai, mais le taux de leur impôt va en diminuant à mesure qu'ils augmentent. La courbe représentative a un point d'inflexion qui sera ou ne sera pas dans sa partie utilisable, suivant la valeur que l'on aura attribuée à x_0 .

Enfin, nous pouvons admettre que p est infiniment petit négatif. Nous traiterions ce cas exactement comme son correspondant, dans lequel p est infiniment petit positif, et nous trouverions pour la courbe représentative celle qui est indiquée dans la figure 12. Nous sommes en présence de l'impôt inversement progressif le plus accentué que l'on puisse se représenter, puisque

les petits revenus reviendraient en entier au fisc, tandis que les grands seraient tous diminués de la même quantité.

L'impôt inversement progressif a existé et existe encore; il tend cependant à disparaître et n'aura jamais besoin de nos calculs, car, partout où il est établi, on a toujours soin de le masquer. Nous nous en tiendrons donc à la courte mention qui vient des cas dans lesquels p est négatif.

Si nous nous reportons aux sept groupes d'impôt que nous avons formés en faisant varier l'exposant de progressivité p de l'infini à zéro, nous voyons ces groupes se réunir d'eux-mêmes en trois classes bien distinctes, caractérisées par :

p plus grand que 1,	
p égal à	1,
p plus petit que	1.

Dans ces groupes ou classes, quel système doit être choisi, quelle valeur devra de préférence être attribuée à p ? C'est là une question qui sort du cadre de ce mémoire, et que nous laisserons à de plus compétents le soin de trancher; nous nous bornerons à rappeler que, dans l'étude de cette question, il ne suffit pas de considérer l'impôt en lui-même, il faut encore et surtout tenir compte de la nature des impôts établis dans d'autres pays.

Calcul de l'impôt dans la pratique.

Passons maintenant au côté tout à fait pratique de la question. Supposons que la valeur maximale c du revenu net et l'exposant de progressivité p soient donnés, et examinons comment on devra procéder pour calculer l'impôt qu'un contribuable aura à payer sur un revenu brut quelconque x . Le moyen le plus direct serait naturellement de commencer par déterminer le taux y en résolvant l'équation (6), et de calculer ensuite l'impôt total u au moyen de l'équation (3). Ce procédé, qui n'est pas impraticable du tout comme exercice de calcul, doit être rejeté sans autre discussion, parce que le contribuable serait le plus souvent dans l'impossibilité de vérifier un tel calcul. Le meilleur moyen consisterait, à notre avis, dans l'établissement de tables donnant directement l'impôt à payer pour des revenus allant en augmentant de 10 fr. pour commencer, puis de 100 fr., de 1000 fr., etc., à mesure qu'ils deviendraient plus considérables. Une interpolation très simple permettrait de trouver l'im-

pôt lui-même. Il suffirait de publier ces tables à un nombre suffisant d'exemplaires et de les mettre à la disposition du public. Le contribuable, s'il ne voulait pas se donner la peine de faire l'interpolation, pourrait toujours vérifier approximativement la valeur de l'impôt qu'il a à payer en reconnaissant cette valeur comme comprise entre deux impôts donnés par les tables; en outre, comme, le plus souvent, le revenu déclaré est un nombre entier de 10 fr. pour les petits revenus, un nombre entier de 100 fr. pour les revenus moyens, et un nombre entier de 1000 fr. pour les grands revenus, l'impôt se trouverait presque toujours donné directement par les tables; enfin, si un contribuable avait un revenu si considérable qu'il sortit des limites de la table, cette personne-là pourrait facilement faire contrôler à ses frais l'impôt qu'elle a à payer; on pourrait, du reste, pour de pareils revenus, employer le système des catégories auquel nous arrivons, système qui est commode à employer, mais qui est la source inévitable d'injustices.

Le système d'impôt progressif par catégories est le seul qui soit actuellement employé dans la pratique; c'est le plus rudimentaire, en même temps que le moins équitable. Les revenus sont classés en catégories d'après leur grandeur; à chaque catégorie correspond un taux particulier d'impôt, et l'impôt dont est grevé un certain revenu est naturellement calculé d'après les taux des diverses catégories auxquelles le revenu fait emprunt; ce système est du reste trop connu pour qu'il soit nécessaire de nous y arrêter; nous nous bornerons à remarquer qu'il pourrait être justifié, si le nombre des catégories était suffisamment grand, mais tel n'a malheureusement jamais été le cas jusqu'à présent.

Application aux impôts perçus actuellement par le canton de Vaud.

La Constitution vaudoise de 1884 établit l'impôt progressif par catégories pour les divers impôts perçus par l'Etat, et cela d'une manière qui rend impossible l'établissement d'un impôt progressif équitable, en ce sens que la Constitution fixe arbitrairement une limite inférieure et une limite supérieure du taux de l'impôt, tandis que nous avons vu que le taux doit varier de 0 à 1 (voir page 183). Malgré cela, nous avons cherché à adapter

nos formules, autant que pouvait se faire, aux divers impôts actuellement perçus par le canton de Vaud.

En cherchant quelles valeurs nous devons attribuer dans les différents cas à c et à p pour que notre système d'impôt différât aussi peu que possible de celui adopté par la loi cantonale vaudoise, nous avons dû tenir compte du fait que l'impôt cantonal n'est pas le seul impôt dont soit grevé le revenu, tandis que u désigne naturellement dans nos formules le seul impôt qui puisse frapper le revenu x . Pour concilier ces faits, nous avons admis que l'impôt cantonal était exactement le tiers des impôts et contributions diverses auxquels le revenu est soumis de par les lois. Il est possible qu'en faisant cette supposition, nous nous écartions légèrement de la vérité; cela importe peu, car l'erreur produite de ce chef ne peut modifier considérablement nos résultats, qui, du reste, n'ont pas été calculés avec assez de soin pour pouvoir servir de base à une loi d'impôt.

Prenons, pour commencer, l'impôt sur le produit du travail. Nous n'avons pas à nous inquiéter des défalcons prévues par la loi pour charges de famille, puisque nous supposons toujours que la partie indispensable d'un revenu est déduite de ce revenu lorsqu'il s'agit de calculer l'impôt dont il est grevé. Nous n'avons donc qu'à chercher à déterminer c et p pour que l'impôt donné par nos formules se rapproche autant que possible de l'impôt calculé d'après la loi pour le plus grand nombre possible de revenus, principalement pour les revenus de grandeur moyenne. Afin d'établir plus complètement le parallélisme, nous avons cru devoir appliquer aussi les catégories à notre système; les taux de nos diverses catégories sont les mêmes que ceux de la loi vaudoise, avec la différence qu'ils n'ont pas de limite inférieure autre que 0 et pas de limite supérieure autre que leur limite naturelle; les limites des catégories, par contre, sont différentes.

Pour simplifier les calculs, nous avons modifié légèrement la loi vaudoise, en nous servant, pour le calcul de l'impôt cantonal sur le produit du travail, des taux indiqués dans le petit tableau ci-dessous. Les rapports de ces taux entre eux sont ceux fixés par la Constitution, et les taux eux-mêmes ne sont que très légèrement différents de ceux actuellement en vigueur, en sorte que nous pouvons sans inconvénient les prendre comme base de nos calculs. Comme nous admettons que l'impôt total est le

triple de l'impôt cantonal, nous aurons les bases suivantes pour nos calculs :

Catégories	Limites supérieure et inférieure du produit du travail pour les catégories	Taux de l'impôt cantonal	Taux de l'impôt total (triple de l'impôt cantonal)	Taux moyens de l'impôt total correspondants aux revenus de la 2 ^e colonne
	Francs			
	0			
1	1 250	0,010	0,030	0,0375
2	2 500	0,015	0,045	0,0525
3	5 000	0,020	0,060	0,0675
4	10 000	0,025	0,075	0,0825
5	20 000	0,030	0,090	0,0975
6	40 000	0,035	0,105	0,1125
7	∞	0,040	0,120	

Afin de pouvoir établir la coïncidence d'un taux déterminé à un revenu déterminé, il est naturel — puisque les taux varient en progression arithmétique — de regarder le taux moyen des taux de deux catégories successives comme correspondant au revenu qui forme la limite commune de ces deux catégories. Ce sont les taux moyens qui sont indiqués dans la cinquième colonne de notre tableau.

L'impôt sur le produit du travail, tel qu'il existe actuellement chez nous, se trouve donc caractérisé par six revenus auxquels correspondent des taux donnés; nous devons donc chercher à déterminer c et p de manière à obtenir la meilleure coïncidence possible entre ces six revenus et les six revenus x correspondant aux mêmes taux que les premiers, mais obtenus en appliquant nos formules. Pour y arriver, nous avons donné à p successivement plusieurs valeurs et déterminé chaque fois c , de telle manière que la coïncidence se fasse pour les revenus de grandeur moyenne.

Une fois c et p trouvés, nous donnons à y les différentes valeurs renfermées dans la cinquième colonne du tableau ci-dessus, et nous calculons les valeurs correspondantes de x ; nous obtenons ainsi les limites des catégories qui, dans les divers cas, doivent remplacer les catégories actuelles pour avoir notre système. Il va sans dire que la progression des valeurs de y doit se poursuivre dans les deux cas jusqu'à 0 et jusqu'à 1, si l'on veut prévoir tous les cas possibles.

Les valeurs que nous avons attribuées à l'exposant de progressivité p , et qui montrent assez bien en quoi se distinguent les divers systèmes d'impôt progressif susceptibles d'être déduits de nos formules, sont :

$$10 \qquad 3 \qquad 1 \qquad \frac{1}{2}$$

Les valeurs maximales c du produit net du travail (après déduction de l'impôt) sont pour ces quatre cas :

Francs : $264\,056 \times 10^{11}$ 19 234 400 72 382 8 383

Dans chaque cas, nous avons calculé, ainsi que nous venons de l'expliquer, les limites des diverses catégories, limites que nous avons ensuite arrondies, ce qui nous a amené à établir le tableau ci-dessous. Dans la colonne intitulée *taux*, se trouvent, pour les diverses catégories, le taux de l'impôt cantonal (voir page 201), soit, d'après notre hypothèse, le tiers de l'impôt total.

Catégories	Taux	Limites supérieure et inférieure pour les catégories.			
		$p = 10$	$p = 3$	$p = 1$	$p = \frac{1}{2}$
		Francs	Francs	Francs	Francs
		0	0	0	0
1	0,000	0	0	550	1 460
2	0,005	0	200	1 650	2 530
3	0,010	0	200	1 650	2 530
4	0,015	150	1 000	2 750	3 290
5	0,020	4 400	3 000	3 900	3 910
6	0,025	55 200	6 000	5 050	4 460
7	0,030	417 000	12 000	6 200	4 960
8	0,035	2 250 000	20 000	7 400	5 420
9	0,040	9 550 000	30 000	8 600	5 850
10	0,045	33 900 000	45 000	9 850	6 260
11	0,050	etc.,	60 000	11 100	6 660
12	0,055	jusqu'à l'infini,	85 000	12 400	7 040
13	0,060	comme limite	115 000	13 700	7 410
14	0,065	supérieure de la	150 000	15 000	7 770
15	0,070	68 ^e catégorie.	190 000	16 400	8 130
16	0,075		230 000	17 800	8 470
17	0,080		290 000	19 200	8 810
18	0,085		360 000	20 600	9 150
19	0,090		430 000	22 000	9 490
20	0,095		500 000	23 500	9 820
21	0,100		600 000	25 000	10 100
			700 000	26 600	10 500

Catégories	Taux	Limites supérieure et inférieure pour les catégories.			
		$p = 10$	$p = 3$	$p = 1$	$p = \frac{1}{2}$
			Francs 700 000	Francs 26 600	Francs 10 500
22	0,105		850 000	28 200	10 800
23	0,110		1 000 000	29 800	11 150
24	0,115		1 150 000	31 500	11 500
25	0,120		1 300 000	33 200	11 800
26	0,125		1 500 000	34 900	12 100
27	0,130		1 700 000	36 700	12 400
28	0,135		2 000 000	38 500	12 800
29	0,140		2 200 000	40 400	13 100
30	0,145		2 500 000	42 300	13 500
31	0,150		2 800 000	44 300	13 800
32	0,155		3 200 000	46 300	14 100
33	0,160		3 600 000	48 400	14 500
34	0,165		4 000 000	50 500	14 800
35	0,170		4 400 000	52 700	15 200
36	0,175		4 900 000	55 000	15 600
37	0,180		5 500 000	57 400	15 900
38	0,185		6 100 000	59 800	16 300
39	0,190		etc.,	62 400	16 700
40	0,195		jusqu'à l'infini,	65 000	17 100
41	0,200		comme limite	67 700	17 500
42	0,205		supérieure de la	70 500	17 900
43	0,210		68 ^e catégorie.	73 400	18 300
44	0,215			76 500	18 800
45	0,220			79 700	19 200
46	0,225			83 000	19 700
47	0,230			86 500	20 200
48	0,235			90 200	20 700
49	0,240			94 100	21 200
50	0,245			98 200	21 800
51	0,250			102 500	22 400
52	0,255			107 000	23 000
53	0,260			112 000	23 600
54	0,265			117 000	24 300
55	0,270			123 000	25 100
56	0,275			129 000	25 900
57	0,280			136 000	26 700
58	0,285			144 000	27 700
59	0,290			152 000	28 700
60	0,295			161 000	29 900
61	0,300			172 000	31 200
62	0,305			185 000	32 700
63	0,310			201 000	34 600
64	0,315			221 000	37 000
65	0,320			248 000	40 200
66	0,325			293 000	45 500
67	0,330			434 000	61 800
68	$\frac{799}{2400} = 0,3329166$			∞	∞

Ce tableau nous montre qu'en faisant varier le taux de telle manière que le taux d'une catégorie surpasse toujours de 0.005 celui de la catégorie précédente, nous sommes obligés d'admettre, quelle que soit la progressivité de l'impôt, 68 catégories ; mais il ne se présenterait guère des produits du travail rentrant dans ces 68 catégories, que si p était égal à $\frac{1}{2}$ ou tout au plus égal à 1 ; aussi, nous a-t-il paru superflu de compléter le tableau dans les deux autres colonnes.

On ne se rend bien compte de la progressivité des divers systèmes d'impôt qu'en comparant les impôts perçus dans les divers systèmes sur le même revenu ; ici, sur le même produit du travail. C'est pour cela que nous avons dressé le tableau suivant, calculé d'après les catégories contenues dans le premier tableau :

Produit annuel du travail	Impôt cantonal actuel, d'après les taux arrondis de la page 22	Impôts perçus dans les systèmes où			
		$p = 10$	$p = 3$	$p = 1$	$p = \frac{1}{2}$
Francs	Francs	Francs	Francs	Francs	Francs
50	0,50	0,50	0,25	0	0
70	0,70	0,70	0,35	0	0
100	1	1	0,50	0	0
150	1,50	1,50	0,75	0	0
200	2	2,25	1	0	0
300	3	3,75	2	0	0
500	5	6,75	4	0	0
700	7	9,75	6	0,75	0
1 000	10	14,25	9	2,25	0
1 500	16,25	21,75	16,50	4,75	0,20
2 000	23,75	29,25	24	9	2,70
3 000	41,25	44,25	39	20,25	10,05
5 000	81,25	77,25	79	55,75	46,95
7 000	131,25	117,25	124	109,50	126,70
10 000	206,25	177,25	199	220,25	346,25
15 000	356,25	277,25	339	484,25	1 011,25
20 000	506,25	377,25	489	842,25	2 020,25
30 000	856,25	577,25	839	1 813,75	4 714,25
50 000	1 606,25	977,25	1 664	4 631,25	10 980,25
70 000	2 406,25	1 451,25	2 614	8 378,75	17 604,17
100 000	3 606,25	2 201,25	4 189	15 268,25	27 591,67

De ce dernier tableau, ressort immédiatement qu'en faisant dans nos formules $p = 3$, on obtient un système qui se rapproche

beaucoup du système existant. Si l'on compare ces deux systèmes d'impôt progressif, on voit que, d'après celui qui ressort de l'application de nos formules, les produits annuels du travail jusqu'à 1000 fr. environ paieraient un peu moins d'impôt que ce n'est le cas actuellement, ceux de 1000 à 2000 fr. paieraient fr. 0.25 de plus, ceux compris entre 2000 fr. et 30 000 fr. environ paieraient moins; enfin, tout produit du travail de 40 000 fr. et au-dessus paierait davantage et la différence irait en s'accroissant toujours plus à mesure qu'il s'agirait de revenus plus considérables. Il n'y a donc de différences essentielles que pour des produits du travail très élevés, et, pour ceux-là, nous pouvons dire que le système empirique actuellement en vigueur chez nous n'est pas assez progressif relativement aux produits annuels du travail, qui atteignent un chiffre moins élevé. Ce résultat serait à lui seul sans importance pratique, vu le peu de personnes auxquelles leur travail rapporte 40 000 fr. par an, si cette même anomalie ne se retrouvait pour les rentes et usufruits, et surtout pour les capitaux, comme nous le verrons plus loin.

Après avoir étudié avec autant de détails que nous venons de le faire l'impôt sur le produit du travail, nous aurons le droit d'être plus bref à l'égard des autres impôts; nous pourrions nous dispenser de donner à p diverses valeurs et d'établir la comparaison entre les divers systèmes d'impôts pouvant être déduits de nos formules. Nous nous contenterons d'établir la comparaison entre le système existant et celui résultant de nos calculs, qui nous a paru s'en rapprocher le plus.

L'impôt cantonal sur les rentes et usufruits ne diffère de l'impôt sur le produit du travail qu'en ce que le taux en est doublé; en passant d'une catégorie à l'autre, il n'augmente donc plus de 0.005, mais bien de 0.010. Différentes raisons nous ont cependant engagé à garder pour nos catégories les mêmes taux que précédemment et nous n'avons donc fait que changer les limites des catégories. En faisant

$$p = 3$$

$$c = 2\,144\,340 \text{ fr.}$$

nous sommes arrivé aux catégories suivantes :

Catégories	Taux	Limites supérieure et inférieure du revenu pour les catégories	Catégories	Taux	Limites supérieure et inférieure du revenu pour les catégories
		Francs			Francs
		0			
1	0,000	0	35	0,170	445 000
2	0,005	0	36	0,175	495 000
3	0,010	0	37	0,180	550 000
4	0,015	100	38	0,185	610 000
5	0,020	300	39	0,190	680 000
6	0,025	700	40	0,195	755 000
7	0,030	1 300	41	0,200	835 000
8	0,035	2 100	42	0,205	920 000
9	0,040	3 300	43	0,210	etc.
10	0,045	5 000	44	0,215	jusqu'à l'infini,
11	0,050	7 000	45	0,220	comme limite supérieure
12	0,055	9 500	46	0,225	de la 68 ^e catégorie.
13	0,060	12 500	47	0,230	
14	0,065	16 500	48	0,235	
15	0,070	21 000	49	0,240	
16	0,075	26 000	50	0,245	
17	0,080	32 000	51	0,250	
18	0,085	40 000	52	0,255	
19	0,090	48 000	53	0,260	
20	0,095	57 000	54	0,265	
21	0,100	67 000	55	0,270	
22	0,105	79 000	56	0,275	
23	0,110	94 000	57	0,280	
24	0,115	111 000	58	0,285	
25	0,120	127 000	59	0,290	
26	0,125	146 000	60	0,295	
27	0,130	168 000	61	0,300	
28	0,135	192 000	62	0,305	
29	0,140	220 000	63	0,310	
30	0,145	250 000	64	0,315	
31	0,150	280 000	65	0,320	
32	0,155	315 000	66	0,325	
33	0,160	355 000	67	0,330	
34	0,165	400 000	68	$\frac{799}{2400} =$	
		445 000		$= 0,3329166$	

A l'aide de ce tableau, il nous est facile de calculer pour autant de rentes que nous voudrons quel est l'impôt dont elles seront grevées. Nous avons fait ce calcul pour les mêmes revenus que lorsqu'il s'agissait du produit du travail et nous avons mis en regard des résultats obtenus les valeurs des impôts que le contribuable a à payer d'après la loi actuelle (voir page 205).

Rente ou usufruit	Impôt cantonal actuel, d'après les taux ar- rondis	Impôts perçus dans le système où $p=3$	Rente ou usufruit	Impôt cantonal actuel, d'après les taux arrondis	Impôt perçu dans le système où $p=3$
Francs	Francs	Francs	Francs	Francs	Francs
30	0,60	0,30	7 000	262,50	251
50	1	0,50	10 000	412,50	403,50
70	1,40	0,70	15 000	712,50	691
100	2	1	20 000	1 012,50	1 008,50
150	3	1,75	30 000	1 712,50	1 723,50
200	4	2,50	50 000	3 212,50	3 373,50
300	6	4	70 000	4 812,50	5 253,50
500	10	8	100 000	7 212,50	8 388,50
700	14	12	150 000	11 212,50	14 213,50
1 000	20	19,50	200 000	15 212,50	20 663,50
1 500	32,50	33	300 000	23 212,50	34 913,50
2 000	47,50	48	500 000	39 212,50	67 363,50
3 000	82,50	82,50	700 000	55 212,50	103 663,50
5 000	162,50	161	1 000 000	79 212,50	163 113,50

De ce tableau découlent des conclusions identiques à celles qui se présentaient déjà au sujet du produit du travail; les impôts élevés dont seraient grevés les grands revenus apparaissent encore mieux dans ce dernier tableau, qui a été poussé jusqu'à la rente 1 000 000 fr., nombre qui ne sera jamais atteint.

Il nous reste encore à nous occuper de deux impôts cantonaux, de ceux qui passionnent le plus les esprits: l'impôt sur la fortune mobilière proprement dite et l'impôt sur la fortune immobilière, appelé communément impôt foncier. La Constitution vaudoise ayant admis que ces impôts doivent être prélevés sur la fortune elle-même, sur le capital, nous sommes obligé, pour pouvoir leur appliquer nos formules, de remplacer chaque fois le capital par le revenu moyen qu'il est sensé devoir produire dans les circonstances du jour, lorsqu'il est réellement utilisé.

Nous croyons ne pas nous écarter beaucoup de la vérité en admettant que les capitaux constituant la fortune mobilière rapportent actuellement le 3.6 %. si leur placement doit être sûr; nous sommes peut-être de 1 ou 2 % en dessous de la vérité, mais cette petite différence ne peut causer une grande erreur dans les résultats; le fait que le nombre 3.6 simplifiait beaucoup nos calculs nous a engagé à l'adopter sans autre recherche.

Dans le tableau ci-après, nous avons indiqué les diverses catégories de l'impôt cantonal sur la fortune mobilière proprement

dite, telles qu'elles ont été fixées par la loi ; nous avons indiqué également les taux (en fraction du capital) de l'impôt cantonal et de l'impôt total ¹ correspondant à ces catégories et nous avons pu ajouter à cela les taux d'impôt en fraction du revenu calculé comme nous venons de l'indiquer. Enfin, nous avons donné comme pour le produit du travail les taux moyens d'impôts correspondant aux limites des diverses catégories.

Catégories.	Limites supérieure et inférieure du capital pour les catégories	Taux de l'impôt cantonal en fraction du capital	Taux de l'impôt total (triple de l'impôt cantonal) en fraction du capital	Taux de l'impôt total en fraction du revenu	Taux moyen (en fraction du revenu) correspondant aux capitaux de la 2 ^e colonne.
	Francs				
1	0	0,0012	0,0036	0,10	0,125
2	25 000	0,0018	0,0054	0,15	0,175
3	50 000	0,0024	0,0072	0,20	0,225
4	100 000	0,0030	0,0090	0,25	0,275
5	200 000	0,0036	0,0108	0,30	0,325
6	400 000	0,0042	0,0126	0,35	0,375
7	800 000	0,0048	0,0144	0,40	
	∞				

Comme pour le produit du travail, nous appliquons nos formules en fixant d'abord p et c et en calculant les revenus correspondant à la série des taux de la dernière colonne, série qui naturellement doit être prolongée dans les deux sens. Une fois que l'on a la série des revenus, on a immédiatement celle des capitaux, puisque nous admettons que le capital rapporte 3,6 %/o. Ici encore, la valeur

$$p = 3$$

nous a réussi, et nous avons dû faire

$$c = 300\,000 \text{ francs.}$$

Avec ces quelques données, il nous a été facile de former le tableau suivant des 20 catégories, qui, en application de nos formules, devraient remplacer les catégories actuelles.

¹ Nous regardons toujours l'impôt cantonal comme étant égal au tiers de la somme des impôts que le contribuable a à payer.

Catégories	Taux de l'impôt en fraction du capital	Limites supérieure et inférieure des capitaux pour les catégories	Catégories	Taux de l'impôt en fraction du capital	Limites supérieure et inférieure des capitaux pour les catégories
		Francs			Francs
		0			
1	0,0006	3 700	11	0,0066	2 000 000
2	0,0012	18 000	12	0,0072	2 900 000
3	0,0018	49 000	13	0,0078	4 000 000
4	0,0024	115 000	14	0,0084	5 500 000
5	0,0030	220 000	15	0,0090	7 600 000
6	0,0036	380 000	16	0,0096	10 000 000
7	0,0042	620 000	17	0,0102	14 400 000
8	0,0048	950 000	18	0,0108	20 500 000
9	0,0054	1 400 000	19	0,0114	31 000 000
10	0,0060	2 000 000	20	0,0120	56 000 000
					∞

Comme pour les autres impôts, nous avons cru bon de calculer les impôts qui devraient être prélevés sur des capitaux formant une série aussi complète que possible et de les mettre en regard des impôts qui sont actuellement prélevés sur ces mêmes capitaux. Les résultats de ces calculs se trouvent renfermés dans le tableau suivant :

Capital	Impôt cantonal actuel	Impôt perçu dans le système où $p=3$	Capital	Impôt cantonal actuel	Impôt perçu dans le système où $p=3$
Francs	Francs	Francs	Francs	Francs	Francs
300	0,36	0,18	200 000	495	488,58
500	0,60	0,30	300 000	855	836,58
700	0,84	0,42	500 000	1 635	1 628,58
1 000	1,20	0,60	700 000	2 475	2 516,58
1 500	1,80	0,90	1 000 000	3 855	3 986,58
2 000	2,40	1,20	1 500 000	6 255	6 746,58
3 000	3,60	1,80	2 000 000	8 655	9 746,58
5 000	6	3,78	3 000 000	13 455	16 406,58
7 000	8,40	6,18	5 000 000	23 055	31 406,58
10 000	12	9,78	7 000 000	32 655	47 906,58
15 000	18	15,78	10 000 000	47 055	74 546,58
20 000	24	22,98	15 000 000	71 055	122 906,58
30 000	39	40,98	20 000 000	95 055	173 906,58
50 000	75	77,58	30 000 000	143 055	281 606,58
70 000	123	125,58	50 000 000	239 055	509 006,58
100 000	195	197,58	70 000 000	335 055	745 406,58
150 000	345	338,58	100 000 000	479 055	1 105 406,58

Nous retrouvons encore dans ce tableau des différences analogues à celles que nous avons déjà constatées dans les tableaux précédents. D'après nos formules, les capitaux inférieurs à 25 000 fr. environ payeraient moins d'impôt, ceux de 25 000 fr. à 120 000 fr. environ payeraient un peu plus, ceux de 120 000 fr. à 600 000 fr. de nouveau moins, et enfin à partir de cette dernière valeur, l'impôt serait plus considérable et la différence serait d'autant plus grande que le capital serait plus élevé ; ce n'est toutefois qu'à partir de 2 000 000 fr. qu'elle se ferait sérieusement sentir ; l'impôt serait double de ce qu'il est maintenant pour un capital de 35 à 40 millions.

Un impôt nous reste encore à étudier : l'impôt immobilier ou impôt foncier. Il est à prévoir que l'application de nos formules nous conduira à des résultats essentiellement différents de ceux que nous avons obtenus jusqu'à présent, car la Constitution vaudoise voulant protéger l'agriculture, établit pour l'impôt foncier des catégories n'ayant aucun rapport avec celles des divers impôts mobiliers. Mais avant tout, nous devons adopter un rendement moyen des immeubles du canton de Vaud. Il y a quelques années, on pouvait dire que les immeubles rapportaient un intérêt sensiblement moins élevé que les capitaux proprement dits ; mais le produit des immeubles restant stationnaire, tandis que le prix de vente moyen subissait une sensible diminution (principalement causée par l'approche du phylloxera), il en est résulté que le rendement des immeubles s'est notablement accru comparativement à celui des autres capitaux, et nous croyons ne pas nous tromper de beaucoup en l'évaluant à 3 % ; ici encore, nous remarquerons qu'une différence de un ou deux pour mille ne changerait que peu aux résultats de nos calculs.

Le rendement des immeubles étant admis égal à 3 %, nous pouvons indiquer comme suit les catégories de l'impôt foncier cantonal et leurs taux respectifs :

Catégories	Limites supérieure et inférieure de la fortune immobilière pour les catégories de l'impôt cantonal	Taux de l'impôt cantonal en fraction du capital	Taux de l'impôt total (triple de l'impôt cantonal) en fraction du capital	Taux de l'impôt total en fraction du revenu
	Francs			
1	0	0,0010	0,0030	0,10
2	25 000	0,0015	0,0045	0,15
3	100 000	0,0020	0,0060	0,20
	∞			

Ici, pour appliquer nos formules, nous ne pouvions plus procéder comme nous l'avons fait en prenant des taux moyens et en établissant la correspondance pour ces taux. Le tâtonnement a été notre méthode la plus efficace et nous sommes assez facilement arrivé à reconnaître que nos formules donnaient de bons résultats comparatifs en faisant :

$$p = 3$$

$$c = 20\,000\,000 \text{ francs.}$$

Pour former des catégories, nous avons pris la série des taux de l'impôt cantonal 0,0010, 0,0015, 0,0020 en la continuant dans les deux sens; en triplant ces taux, nous avons obtenu les taux de l'impôt total pour les diverses catégories; enfin, les moyennes de ces derniers taux étaient les valeurs de y qui, introduites dans nos formules, nous ont donné les limites x des catégories. Le calcul se fait, au reste, toujours de la même manière et nous a fourni pour l'impôt foncier les vingt catégories suivantes :

Catégories	Taux de l'impôt en fraction de la fortune immobilière	Limites supérieure et inférieure des fortunes immobilières par les catégories	Catégories	Taux de l'impôt en fraction de la fortune immobilière	Limites supérieure et inférieure des fortunes immobilières pour les catégories
		Francs			Francs
		0			
1	0,0005	1 700	11	0,0055	48 000 000
2	0,0010	22 700	12	0,0060	82 000 000
3	0,0015	128 000	13	0,0065	137 000 000
4	0,0020	474 000	14	0,0070	222 000 000
5	0,0025	1 360 000	15	0,0075	357 000 000
6	0,0030	3 300 000	16	0,0080	570 000 000
7	0,0035	7 200 000	17	0,0085	916 000 000
8	0,0040	14 000 000	18	0,0090	1 500 000 000
9	0,0045	27 000 000	19	0,0095	2 900 000 000
10	0,0050	48 000 000	20	0,0100	5 680 000 000
					∞

Nous aurons terminé l'application de nos formules aux impôts perçus par le canton de Vaud, lorsque nous aurons montré quelles relations existent entre les impôts perçus d'après la loi actuelle sur une série de fortunes immobilières, et les impôts calculés sur ces mêmes fortunes d'après les catégories que nous venons d'indiquer. Voici ces impôts :

Fortune im- mobilière	Impôt cantonal actuel	Impôt dans le système où $p = 3$	Fortune immobilière	Impôt cantonal actuel	Impôt dans le système où $p = 3$
Francs	Francs	Francs	Francs	Francs	Francs
300	0,30	0,15	200 000	337,50	323,80
500	0,50	0,25	300 000	537,50	523,80
700	0,70	0,35	500 000	937,50	936,80
1 000	1	0,50	700 000	1 337,50	1 436,80
1 500	1,50	0,75	1 000 000	1 937,50	2 186,80
2 000	2	1,15	1 500 000	2 937,50	3 506,80
3 000	3	2,15	2 000 000	3 937,50	5 006,80
5 000	5	4,15	3 000 000	5 937,50	8 006,80
7 000	7	6,15	5 000 000	9 937,50	14 856,80
10 000	10	9,15	7 000 000	13 937,50	21 856,80
15 000	15	14,15	10 000 000	19 937,50	33 756,80
20 000	20	19,15	15 000 000	29 937,50	54 256,80
30 000	32,50	32,80	20 000 000	39 937,50	76 756,80
50 000	62,50	62,80	30 000 000	59 937,50	123 256,80
70 000	92,50	92,80	50 000 000	99 937,50	224 256,80
100 000	137,50	137,80	70 000 000	139 937,50	334 256,80
150 000	237,50	223,80	100 000 000	199 937,50	508 256,80

Nous pourrions faire au sujet de ce dernier tableau exactement les mêmes remarques que nous avons déjà faites pour les trois autres tableaux similaires. Nous ne ferions absolument que nous répéter.

Comme conclusion, dirons-nous que nous proposons de remplacer les catégories actuelles par celles que nous avons établies? Point du tout, et cela pour deux raisons :

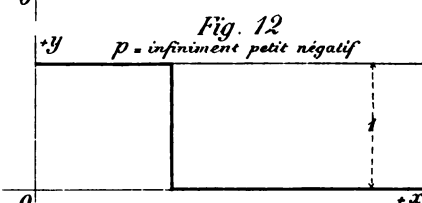
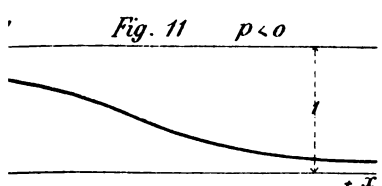
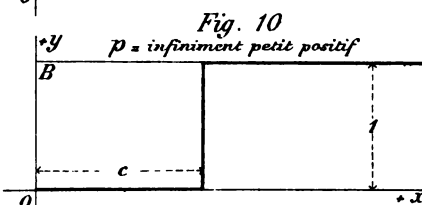
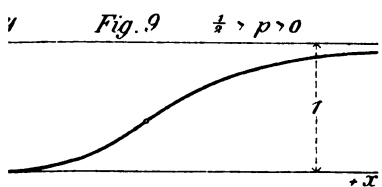
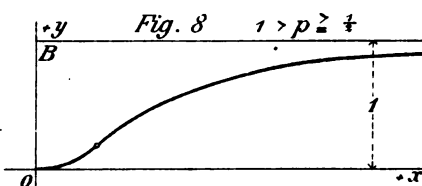
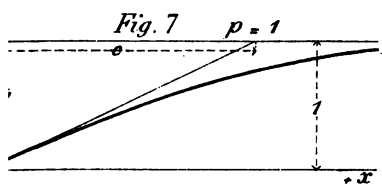
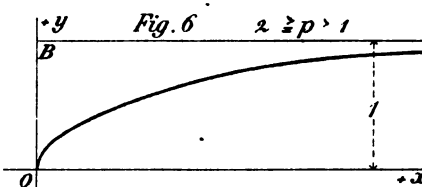
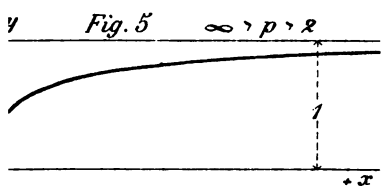
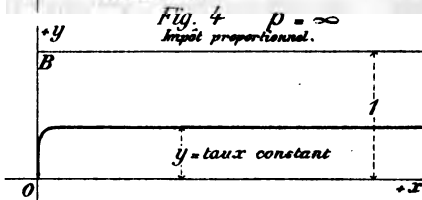
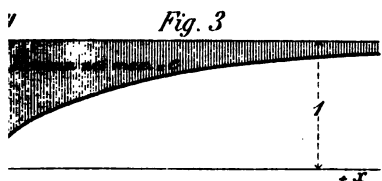
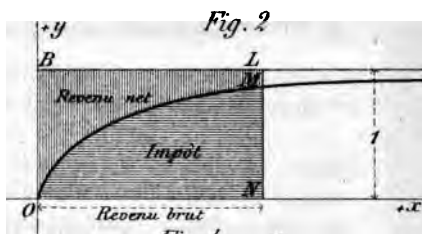
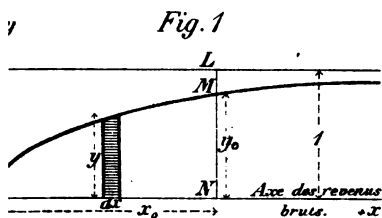
La première, nous l'avons déjà mentionnée au cours de cet opuscule. Nous regardons les catégories comme une source d'injustices et nous voudrions les voir remplacées par une table donnant directement la valeur des impôts perçus sur les divers revenus; tout au moins, voudrions-nous que le nombre des catégories fût considérablement augmenté et que celles-ci fussent appliquées à toutes les fortunes, sans limites.

La seconde raison qui nous interdit de préconiser les catégories que nous venons d'indiquer, est encore plus importante que la première; un exemple, mieux que toute explication, fera immédiatement comprendre de quoi nous voulons parler. Prenons un contribuable vaudois qui possède une fortune de 100 000 fr.

et supposons d'abord qu'il la place en entier sur des immeubles ; il aura à payer comme impôt cantonal 137 fr. 50. S'il place seulement 75 000 fr. sur des immeubles et garde 25 000 fr. comme fortune mobilière, il payera 130 fr., soit 7 fr. 50 de moins, ce qui est contraire à l'esprit de la constitution qui a voulu favoriser les propriétaires d'immeubles. Si ce même contribuable place la moitié de sa fortune sur des immeubles et garde l'autre moitié comme fortune mobilière, il payera de nouveau 137 fr. 50. Enfin, s'il avait gardé le tout comme fortune mobilière, il aurait eu à payer 195 fr. Il y a là évidemment une injustice. Nous comprenons fort bien que l'on veuille favoriser les propriétaires d'immeubles, mais, ce que nous ne comprenons pas, c'est que l'on favorise tout spécialement celui qui place les trois quarts de sa fortune sur des immeubles, tandis que l'on met sur le même pied moins favorisé celui qui a placé toute sa fortune sur des immeubles et celui qui en a fait deux parts égales, en réservant un impôt beaucoup plus élevé pour celui qui garde sa fortune entière comme fortune mobilière. On ne doit naturellement pas chercher la source de cette anomalie dans les catégories de l'impôt, mais bien dans le fait que, lorsqu'il s'agit de calculer l'impôt, la fortune du contribuable est partagée en plusieurs parts qui sont séparément soumises à l'impôt progressif, comme si elles appartenaient à des personnes différentes. Nous ne voyons qu'un seul moyen de remédier à ces inégalités, c'est de former le revenu total imposable du contribuable et de soumettre ce revenu total à un seul impôt progressif. Voici, par exemple, comment l'on pourrait procéder :

Le revenu total imposable d'un contribuable serait formé au moyen des éléments suivants :

- 1° Les rentes et usufruits ;
- 2° Une certaine partie, la moitié par exemple du produit du travail, l'autre moitié devant être utilisée pour le travail lui-même et pour constituer une épargne ;
- 3° Le revenu entier de la fortune mobilière, ce revenu calculé à un taux qui devrait être fixé à nouveau chaque année (mais qui ne changerait pas nécessairement toutes les années) ;
- 4° Une certaine portion ($\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$) du revenu des immeubles calculé également d'après un taux déterminé ; la portion de ce revenu non soumise à l'impôt serait considérée comme devant servir à l'amélioration des immeubles et des cultures.





Ces quatre revenus étant additionnés, on en déduirait une certaine somme pour charges de famille et l'on obtiendrait le revenu imposable total.

Le revenu imposable total serait soumis directement à un seul impôt progressif; celui-ci pourrait — si l'on voulait se rapprocher autant que possible de l'impôt cantonal actuel — être établi d'après nos formules en faisant $p = 4$. Si l'on voulait garder le système des catégories, on pourrait sans inconvénient les rapprocher et en augmenter sensiblement le nombre, puisque dans le calcul des impôts à payer, ces catégories ne seraient utilisées qu'une seule fois pour chaque contribuable et non pas deux ou trois fois, comme c'est presque toujours le cas maintenant.

Pour terminer, il ne nous reste qu'à souhaiter que chacun envisage notre petit travail comme nous l'avons fait nous-même, c'est-à-dire sans parti pris. Nos calculs se prêtent aussi bien à l'étude de l'impôt le plus progressif possible que de celui qui diffère très peu de l'impôt proportionnel, et, en les appliquant toujours aux impôts déjà existants, nous ne nous sommes pas inquiété de savoir si ces impôts étaient trop ou trop peu progressifs, cette question ne rentrant, du reste, pas dans le cadre de cet opuscule. Puisse ce travail jeter quelque jour sur la question toujours plus épineuse de l'impôt.

NOTE

• sur quelques plantes trouvées en 1889

ET

SUR L'ÉTANG DE SAUVABELIN

par L. FAVRAT

Lepidium virginicum L.

M. Chenevière a trouvé cette plante d'Amérique au midi du Grand-Pont, dans la pente herbeuse qui fait face à la gare du Flon. Nouvelle plante adventice pour la Suisse.

Artemisia annua L.

Le 30 septembre de cette année, dans les ensablements du Flon, en amont du pont de la Maladière, M. Ernest Secretan, étudiant, trouvait un *Artemisia* évidemment adventice et nouveau pour nos contrées : c'est l'*annua* de Linné. Comment cette plante asiatique (Sibérie, région du Caucase, etc.) est-elle arrivée là ? Il est bien difficile de le dire. En tout cas, je n'ai vu nulle part la plante dans nos jardins. C'est le Flon gonflé et furieux qui l'a entraînée ; mais où l'a-t-il prise ? Je n'en sais rien.

Heleocharis Lereschii Thom.

Avant la régularisation du niveau des eaux du Léman, cette mignonne et rarissime cypéracée apparaissait chaque année en abondance dès le commencement de septembre, et d'autant plus belle et luxuriante que les eaux du lac avaient été plus hautes et s'étaient retirées plus tôt. Mais depuis qu'elles n'atteignent plus les niveaux excessifs d'antan, l'*Heleocharis*, troublé dans ses conditions d'existence, est en train de disparaître de sa classique station des Pierrettes, entre Lausanne et Saint-Sulpice. En 1888, je n'en ai pas aperçu un seul petit pied ; cette année, j'en ai revu quelque peu, mais non fructifié. Pourtant, M. Binz, de Bâle, étudiant, en a déniché deux minuscules exemplaires en fruits.

En présence de cette quasi disparition aux Pierrettes, il y a quelque intérêt à apprendre que M. E. Secretan a retrouvé la

plante cet automne, aux Grangettes, près Villeneuve. Comme aux Pierrettes, elle était stérile.

Carduus multiflorus Gaud.

Cette variété du *C. crispus* L. a été trouvée à Lausanne en octobre dernier par M. Vittoz, stud. litt. La plante que j'ai recueillie le 21 juillet à St-Cergues, avec M. Vittoz, se rapporte au *crispus*, s'il faut en croire les descriptions.

Bromus ramosus Huds.

Ce brome, jusqu'à présent méconnu chez nous et confondu avec l'*asper*, n'est pas si rare qu'on pourrait le croire; Gremlin le signale dans les bois sur Chillon et je l'ai constaté et récolté cette année dans deux autres localités: bois sur Maraçon et pentes de Bovonnaz (vallon des Plans).

Violettes hybrides.

M. E. Secretan a rapporté des environs de Sion, fin avril 1889, un hybride nouveau: *Viola Beraudii-Favrati*, et il a trouvé de plus, dans le Jorat, un hybride fort difficile à constater, déjà signalé en Allemagne et dans le nord de l'Europe, mais nouveau pour nous, le *Viola Riviniana-sylvatica*. C'est une de ces choses qu'il faut observer sur le vif et de ses grands yeux, car sur le sec, c'est impossible.

Senecio aquaticus-cordifolius.

M. Vittoz, stud. litt., a trouvé dans les Sous-Alpes de Châtel-St-Denis, *inter parentes*, une plante qui a toutes les apparences d'un *Senecio aquaticus-cordifolius*, si bien que je crois pouvoir la publier sous ce nom.

LE LAC DE SAUVABELIN.

Il manquait à Lausanne un lac à patiner; on en a créé un, mais on l'a creusé sur la station d'une plante rarissime, et, plus encore, dédiée à notre classique Gaudin: le *Calamagrostis Gaudiniana* Rchb. Je ne sais si elle reparaitra; en tout cas, je l'ai vainement cherchée cette année.

Le marécage qu'on a transformé en lac, renfermait d'ailleurs d'autres plantes intéressantes: le *Carex elongata*, une variété

de l'*Aspidium montanum* (dans les fougères) et du *Dicranum scoparium*¹ (dans les mousses), le *Rubus suberectus*, des *Sphagnum*, le *Scutellaria galericulata*, etc.

Lausanne, le 18 décembre 1889.

Ma note de juin 1885, Bull., vol. XXV, n° 100, doit être corrigée et modifiée comme suit :

Article *Erophila*. — Après : « Reuter, auxiliaire et collaborateur de Boissier, ajouter : *Rapin, auteur du Guide du botaniste dans le canton de Vaud...*

Article *Alchemilla*. — M. le prof. Fischer m'a écrit qu'il ne se rappelle pas avoir dit ou publié que l'*A. splendens* n'était pas hybride. Le renseignement indirect que j'avais eu n'était donc pas exact.

Il y a jusqu'à présent quatre stations de cette plante : Grindelwald, Petite-Scheideck et Wengen, dans l'Oberland, plus la station de Miex, en Valais.

Article *Rubus Schmidelyi*. — Ajouter à la fin : « La plante abonde dans une haie, à Savigny (Jorat). »

Article *Centaurea Gyspergeræ*. — Il faut lire : *Gyspergeræ* et Mad. *Gysperger*.

Mars 1890.

L. FAVRAT.

¹ Variété *paludosum*, forme qui abondait du côté méridional du marécage.

LE CYCLONE DU 13 JUILLET 1889

DANS LES FORÊTS DE JOUGNE

par Ch. DUFOUR, professeur, à Morges.

Pl. IX.

A la fin du mois d'août 1889, je fus informé par M. le docteur Junod, à Sainte-Croix, que le 13 juillet précédent un violent cyclone, dans le genre des tornados américains, avait ravagé les forêts de la commune de Jougne (département du Doubs), par 46°47' de latitude nord et 6°25' de longitude à l'orient de Greenwich.

Le 31 août je me rendis sur place, et je parcourus surtout la partie occidentale de la région frappée, là où le cyclone avait commencé, tandis que M. Junod me donnait principalement des détails sur ce qu'il a vu dans la partie orientale.

Avant l'apparition du météore, le ciel était nuageux, l'air calme, la chaleur excessive. Quelques gouttes de pluie mêlées de grêle furent observées un peu avant midi.

Mais vers 1 $\frac{1}{4}$ heure après midi, le tourbillon apparut comme un énorme parapluie au-dessus de la forêt, descendit des nues avec la rapidité de l'éclair et le bruit d'une fusillade et s'avança en brisant, tordant et déracinant les arbres qui se trouvaient sur son passage, puis s'éloigna avec rapidité en poursuivant à travers la forêt son œuvre de destruction, et laissant entendre derrière lui un bruit semblable à celui d'un tonnerre éloigné. Un premier témoin oculaire dit que son passage ne dura pas plus de trois minutes, deux autres disent qu'il ne dura pas plus de une ou deux minutes. Comme en pareil cas le temps paraît long, je crois qu'il faut prendre le minimum indiqué, et considérer comme probable que le tourbillon n'a pas duré une minute.

Le premier point atteint est une colline située entre Jougne et les Hôpitaux, à droite de la route en allant de Jougne à Pontarlier et à une altitude de 1150 mètres environ; puis avec un degré d'intensité variable, il a parcouru, sur une étendue de six kilomètres, la contrée qui va de ce point jusqu'à l'Aiguille de Baulmes à la frontière du territoire suisse. Après sa disparition, il est tombé une pluie abondante.

En général, au point de départ, les sapins étaient couchés de l'est à l'ouest; cependant quelques-uns étaient renversés en sens inverse.

J'ai vivement regretté de ne pas avoir eu connaissance de ce phénomène avant la fin d'août, je me serais rendu plus tôt à Jougne, et il m'aurait été possible d'en faire une étude plus complète. Le 31 août, plusieurs sapins avaient déjà été débités en bûches, et pour quelques-uns d'entre eux, il était difficile de dire dans quelle direction ils étaient tombés.

Au commencement, la région frappée n'a pas plus de 100 mètres de largeur, mais plus loin, là où le cyclone paraît avoir été le plus violent, cette largeur est de 200 à 250 mètres.

Au point qui paraît avoir été le plus fortement atteint, plusieurs sapins qui mesuraient 60 à 70 centimètres de diamètre ont été arrachés et renversés au travers d'une route. Pour rétablir la circulation, on s'est hâté de les scier et d'enlever tout ce qui était sur la voie publique. Généralement, en ce point ils étaient couchés de l'Ouest à l'Est, avec quelques déviations du côté du Nord ou du côté du Sud; mais il n'est pas certain que ce fût là une conséquence d'un changement dans la direction du vent; il suffisait, en effet, qu'il existât d'un côté quelques fortes racines, ou que le sol présentât plus de résistance d'un côté que d'un autre, pour entraîner un changement de quelques degrés dans la direction de la chute de l'arbre.

Mais à une petite distance de cette région si fortement ravagée, au bord du cyclone et sur sa rive gauche, il y avait un sapin isolé dans une prairie; il est tombé de l'Est à l'Ouest, et dans sa chute a écrasé un jeune homme dont la mort est extrêmement regrettable, M. Paul Charton, qui a été la seule victime de cette tourmente. Si cet arbre était tombé dans la même direction que ses voisins, M. Charton n'aurait pas été atteint.

Ce cyclone ne paraît pas avoir eu la même intensité dans toute sa largeur. A côté de lignes fortement ravagées, il y en a d'autres à peu près intactes. Je supposais d'abord que les zones qui paraissaient avoir été ainsi protégées étaient celles où il y avait le plus de terre et où les sapins étaient le plus profondément enracinés; mais dans les zones frappées, entre les sapins arrachés, il y en avait d'autres qui étaient cassés, tandis que, dans leur voisinage immédiat, des arbres plus minces et plus faibles n'ont aucun mal.

Le territoire frappé est un peu ondulé; mais, en somme, il

s'élève peu à peu jusqu'à l'Aiguille de Baulmes, sommité du Jura à l'altitude de 1560 mètres. Dans la première partie du territoire atteint, celle que j'ai visitée, souvent des sapins sont cassés ou arrachés dans les bas-fonds, tandis que sur certains points plus élevés ils sont intacts.

M. le docteur Junod, qui a surtout visité la partie orientale, celle où je n'ai pas pu aller, me dit :

« Les effets produits, d'une intensité beaucoup plus grande sur le côté droit que sur le côté gauche du courant, prouvent d'une manière évidente que les deux courants n'avaient pas exactement la même puissance, ce que M. Faye explique clairement dans sa théorie. M. Faye établit avec raison, sans doute, que le plus puissant des courants est toujours sur la droite, où la vitesse de translation s'ajoute à la vitesse de giration ; tandis que, sur la gauche, la vitesse de translation se retranche de la vitesse de tourbillonnement.

Les arbres brisés et abattus se remarquent en général sur le côté droit et sont souvent projetés à de grandes distances. Pour n'en citer qu'un exemple, j'ai pu observer un sapin de 85 centimètres de diamètre brisé net à 2^m.5 du sol ; la partie détachée a été jetée à 20 mètres en avant et à gauche ; en tombant, elle s'est de nouveau brisée en trois parties, et la plus grosse, d'un diamètre moyen de 50 centimètres, d'une longueur de 5 mètres et portant de grosses branches, a été transportée à 30 mètres plus loin en avant et sur le centre. Les deux autres parties semblent avoir reçu une série de chocs dans des directions différentes et se sont arrêtées en arrière de la précédente. Au même endroit de la forêt, la disposition générale des débris annonçait très nettement un mouvement giratoire.

Enfin, dans le bois de la Joux, près de l'Aiguille de Baulmes, le tourbillon est remonté dans la nue d'où il venait, en causant encore de grands désastres. Plus de 250 sapins, sur une surface approximative de 10 à 12 mille mètres carrés, sont brisés ou déracinés. Leur position relative est très complexe.

La disparition soudaine du météore en pleine forêt est due très probablement à la proximité de l'Aiguille de Baulmes, qui aurait modifié sa route dans les directions horizontale et verticale simultanément. »

La faible largeur de la région frappée et la rapidité du phénomène établissent une différence essentielle entre les tourbil-

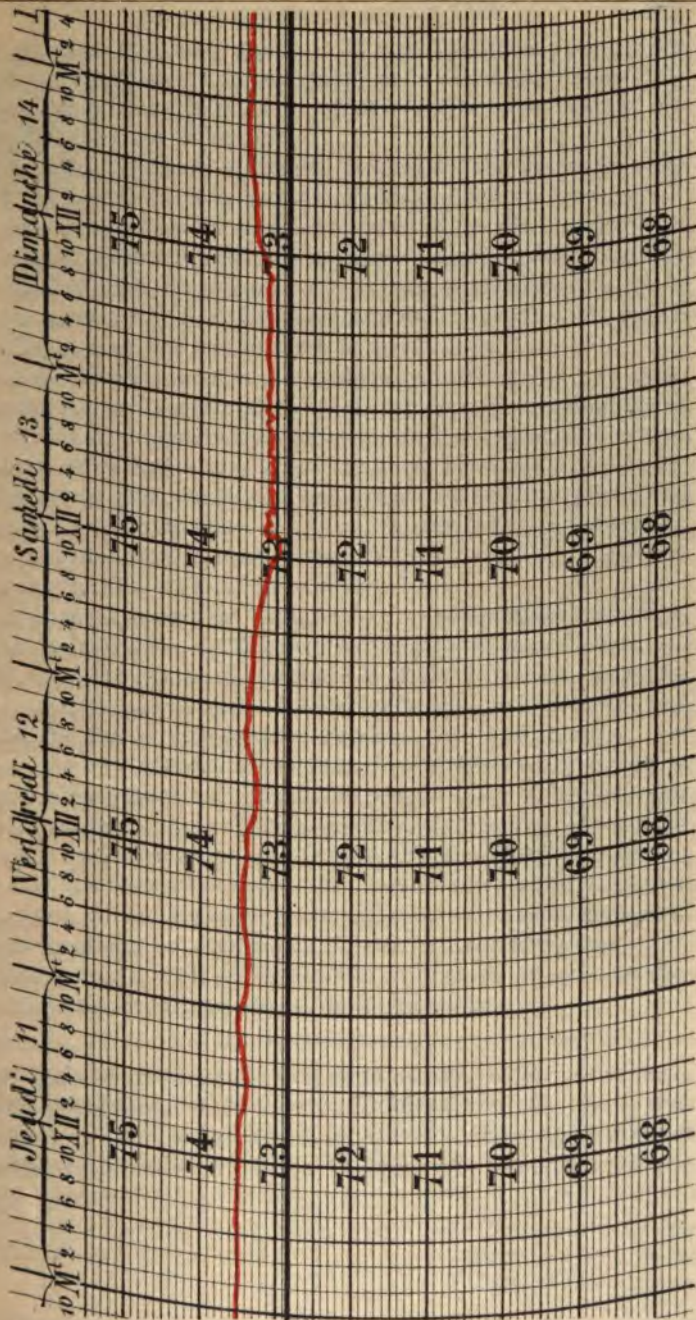
lons comme celui dont je parle et les tempêtes qui se font sentir sur un plus grand espace et pendant un temps bien plus long. Par exemple, sur les bords du Léman, nous avons eu, dans le siècle, deux tempêtes d'une violence exceptionnelle, celle du 18 juillet 1841 et celle du 20 février 1879. La dernière est encore présente à la mémoire de la génération actuelle et a certainement été plus forte que la première. En effet, mon regretté ami, M. le colonel Burnier, les avait observées toutes les deux, et il assurait que le 20 février 1879 le vent était beaucoup plus fort que le 18 juillet 1841. D'ailleurs, le bateau à vapeur le *Chillon*, qui, pendant cette terrible soirée, était en course dans le petit lac, a eu bien plus à lutter pour parvenir à se réfugier dans le port de Genève, que n'en eurent les bateaux à vapeur de 1841 pour trouver des abris dans les ports du grand lac.

En 1841, les vieillards disaient que la tempête du 18 juillet était la plus forte qu'ils aient vues, et puisque ceux qui en ont été témoins et qui ont vu aussi celle de 1879, assurent que celle-ci était encore plus forte, on peut être certain que la violente bourrasque qui, le 20 février 1879, a parcouru la Suisse entre 6 et 10 heures du soir, est de beaucoup la tempête la plus violente que l'on ait ressentie depuis le commencement du siècle. On se rappelle, en effet, que des toits furent enlevés, des forêts abîmées, et que le nombre des arbres cassés ou arrachés est certainement bien supérieur à celui des arbres qui ont subi le même sort à Jougne le 13 juillet 1889.

Mais en 1879, la tempête avait ravagé presque toute la Suisse et quelques contrées voisines; elle avait duré quatre heures dans toute sa violence; dès lors, elle avait diminué, bien que le vent restât encore très fort.

En 1841, elle avait eu à peu près la même durée; seulement, le maximum avait été dans la matinée; le vent était resté fort jusqu'au soir et s'était fait sentir aussi sur une grande surface.

Tandis qu'à Jougne, le 13 juillet 1889, c'est un météore qui s'abat soudain sur une forêt, dure environ une minute, saccage le territoire sur une longueur de 5 à 6 kilomètres, sur une largeur de quelques centaines de mètres au plus et disparaît aussi rapidement qu'il est venu. Il est évident que ce sont là deux phénomènes d'ordre bien différent, et que celui qui a ravagé la forêt de Jougne, semblable aux *tornados américains*, est autre chose que les tempêtes qui durent plusieurs heures ou même plusieurs jours, et s'étendent sur de grands pays ou sur une notable partie de l'Océan.



1

2

J'ajouterai que, cette année, le 13 juillet a signalé, pour notre pays, un changement remarquable dans le régime météorologique. Jusqu'alors, le mois de juillet avait été sec et chaud; dès lors, il a été froid et humide.

Jusqu'au 13 juillet, à Genève, la température moyenne a été de 2°.13 supérieure à la normale. Pour la période du 5 au 13 juillet, elle lui a même été supérieure de 3°.26; tandis que du 14 au 31, elle est de 2°.1 inférieure à la température normale. Jusqu'au 13 juillet à midi, il est tombé 1^{mm}.1 d'eau, et, dès lors, jusqu'à la fin du mois, 104^{mm}.9. A Morges, jusqu'au 13 juillet, il est tombé 5^{mm}.1 d'eau, et, dès lors, jusqu'à la fin du mois, 108^{mm}.1.

La modification a eu lieu brusquement le 13 juillet, au commencement de l'après-midi, c'est-à-dire presque aussitôt après le cyclone de Jougne. Dans le canton de Vaud, plusieurs orages violents ont éclaté alors. Il est tombé en plusieurs endroits des grêlons très gros, mais peu nombreux, et accompagnés d'une grande quantité de pluie. A Lausanne, vers 3 heures après midi, pendant un orage, la température a baissé de 13 1/2 degrés en une heure. Elle est tombée de 23°.5 à 10°.

Pour cette journée du 13 juillet, je me suis procuré les indications du baromètre enregistreur installé sur le quai Lochmann, à Morges. Du minuit qui a séparé le 12 du 13 juillet, jusqu'au 13 à midi, il est descendu d'abord lentement, puis avec une rapidité de plus en plus grande. Pendant ces douze heures, il a baissé de 4^{mm}. A midi, cette baisse s'est arrêtée assez brusquement, le baromètre est remonté un peu jusqu'à 1 1/2 heure, à peu près au moment du cyclone de Jougne, alors il s'est élevé rapidement de 1^{mm} en quelques minutes. Dès lors, jusqu'à 11 heures du soir, il a éprouvé des variations nombreuses, tantôt en hausse, tantôt en baisse; mais, en somme, il a conservé sensiblement la même hauteur, qui était à peu près sa hauteur moyenne.

Morges est à 0°16' au Sud et 0°5' à l'Est de Jougne. La distance de ces deux localités est de 29 kilomètres.

Je joins ici une reproduction de la courbe tracée par le baromètre enregistreur de Morges, le 13 juillet 1889. On voit le soubresaut qu'a fait le baromètre entre 1 et 2 heures après midi, et quelles variations continuelles il a éprouvées pendant le reste de cette journée.

NOTICE

SUR

PHILIPPE-JACQUES MULLER

par L. FAVRAT

La guerre franco-allemande a dû briser bien des carrières en Alsace-Lorraine, surtout parmi ceux des habitants qui n'ont pas voulu d'une nationalité brutalement imposée et ont opté pour la France. Un grand nombre de ces derniers sont allés vivre sur terre française; d'autres, nombreux aussi, sont venus habiter la Suisse. C'est le cas du rubologue Philippe-Jacques Muller, bien connu en France, en Allemagne et en Suisse. Il m'eût été bien agréable de publier une biographie un peu complète d'un savant qui, durant nombre d'années, a joué dans la science un rôle qui n'est pas sans importance; mais je suis forcé de m'en tenir aux renseignements que j'ai pu recueillir et dont les principaux m'ont été obligeamment fournis par son frère, M. Adolphe Muller, propriétaire, à Begnins.

Philippe-Jacques Muller est né à Wissembourg (département du Bas-Rhin), le 19 janvier 1832. Il fit ses études classiques au collège de cette ville et au lycée de Nancy. Il montra dès sa première jeunesse un goût prononcé pour les sciences naturelles, auxquelles il se livra bientôt exclusivement, dédaignant les distractions ordinaires de son âge. Dès l'âge de 12 à 14 ans, il collectionnait et décrivait les lépidoptères, ainsi que les pétrifications, qu'il recherchait dans les collines calcaires des environs de Wissembourg; mais la première inspiratrice de ses études botaniques fut peut-être sa mère, madame Muller-Hoffmann, qui elle-même rassemblait des plantes pour les étudier ou les déterminer, ce qu'attestent les listes de plantes écrites de sa main et retrouvées dans les papiers de son fils.

Vivant à Wissembourg, sur les confins du Palatinat, il ne tarda pas à entrer en relations avec le célèbre Fr.-Wilh. Schultz, de Deux-Ponts, bien connu des botanistes et habitant alors la même ville¹. L'importance de ces relations est attestée par l'*Her-*

¹ Fr.-Wilhelm Schultz, auteur, entre autres, d'une *Flore du Palatinat*, était frère de Karl-Heinrich, bien connu, sous le nom de Schultz *bipontinus*, par de nombreux et importants travaux.

barium normale et les *Archives de Flore* de cet auteur, et par ses nombreux articles dans les bulletins de la *Pollichia*, société des sciences naturelles du Palatinat, où le nom de Muller revient à chaque instant, à propos de diverses plantes.

Fr. Schultz fut le guide de Müller dans ses premiers essais, et il a pu lui conseiller d'étudier les ronces, genre qui devait tenter un jeune homme plein d'ardeur pour la science. Müller y devint bientôt si fort, qu'il collabora aux deux éditions de l'*Herbarium Ruborum rhenanorum*, et son nom revient souvent dans le *Synopsis Ruborum Germaniæ* de Focke, auteur qui a contrôlé tous les *Rubus* de Wirtgen.

Le résultat de ses premières investigations, 1856-1857, parut dans la *Flora* de Ratisbonne, en 1858, n° 9, 10, 11 et 12. Ces quatre articles renferment la description des ronces observées aux environs de Wissembourg, soit 61 espèces et un hybride, le *R. cæsius-Idæus*. Sur ce nombre, 41 espèces sont de l'auteur.

L'année suivante, 1859, il publiait, dans la *Pollichia*, son essai monographique sur les *Rubus* gallo-germaniques (*Versuch einer monographischen Darstellung der gallo-germanischen Arten der Gattung Rubus*). Cette importante publication comprend 235 espèces et le même hybride que plus haut. Bon nombre de ronces françaises (134 numéros) lui avaient été communiquées par Louis-Victor Lefèvre, instituteur dans le département de l'Oise. Comme la plupart étaient nouvelles, et que toutes d'ailleurs étaient accompagnées de bonnes observations sur le vif, l'auteur associa son correspondant aux déterminations de ces espèces. (L. V. L. et P. J. M.)

La même année, Fr. Schultz, publiant dans la *Pollichia* un supplément à sa flore du Palatinat (*Flora der Pfalz*), passait sur le genre *Rubus* : « Mon ami P. Muller, disait-il, a aussi décrit les espèces palatines, et son essai monographique paraîtra dans le bulletin de cette année¹. » C'est que Muller faisait alors autorité dans les pays rhénans, comme en France dès la même époque. De ce dernier pays, il avait déjà reçu et il continuait de recevoir de nombreux et volumineux envois de ronces à examiner et à déterminer. Entre temps, il dessinait les feuilles et le bois

¹ Il paraît que cela n'a pas empêché Fr. Schultz de s'attribuer, dans certains cas, le premier rang, en disant par exemple, dans tel ou tel article de la *Pollichia* : « M. Müller l'a aussi trouvée », en parlant d'une plante découverte par ce dernier.

des types de Weihe Nees, avec une exactitude, une précision étonnantes ; il collait sur papier blanc des séries de pétales appartenant aux diverses espèces ; il tenait un journal détaillé de ses herborisations, et sans négliger les *Rubus*, observait les autres plantes de ses environs, car il n'était nullement absorbé par les ronces et fermé à d'autres études. Toutes les sciences naturelles l'intéressaient vivement, la paléontologie et la conchyliologie, entre autres, et hors de là, la numismatique, l'archéologie, l'anthropologie et les études préhistoriques. Comme on le voit, son activité a dû être excessive.

Tout en étudiant les *Rubus* qui lui étaient envoyés de divers départements, Muller agrandissait le champ de ses observations directes et explorait le département des Vosges.

Le résultat de ces nouvelles études est consigné dans un travail autographié (1866, in-4^e), renfermant 41 espèces et accompagné d'un tableau dichotomique. Il porte le titre suivant : *Description de quelques espèces nouvelles de Rubus des terrains granitiques et arénacés du département des Vosges*.

Je n'ai trouvé nulle part mention d'autres travaux rubologiques qu'aurait publiés le botaniste de Wissembourg ; mais dans une publication sur l'étude du genre *Rubus*¹, par l'abbé Chaboisseau, publication parue en 1863, il est dit, à propos de Muller, que son *Herbier normal des Rubus* « va prochainement paraître ». Notre rubologue a certainement continué d'étudier les volumineux matériaux qu'il avait reçus, ses notes et ses dessins en font foi ; mais pour étudier avec la conscience et l'exactitude qu'il y mettait, il lui fallait un temps énorme.

Pour une seule espèce, le *R. discolor* W. N. (*amoenus* Portensch., aujourd'hui *ulmifolius* Schott.), il a couvert de dessins et de notes un grand nombre de pages. Ce *Rubus*, qui varie peu dans nos contrées, paraît varier davantage dans le Midi, où c'est la ronce dominante ; et des botanistes, Ripart, par exemple, ont cru pouvoir le découper en plusieurs espèces ; aussi Muller l'a-t-il longuement et patiemment étudié en vue de l'herbier normal qu'il projetait. Il était loin d'avoir achevé ses études rubologiques, lorsque la guerre de 1870 a éclaté, et toutes ses patientes investigations, tout ce travail de longue haleine est resté perdu pour la science.

¹ De l'étude spécifique du genre *Rubus*, par l'abbé Chaboisseau. Bordeaux, 1863.

Vers la fin de 1872, ayant opté pour la nationalité française, il vint se fixer à Nyon, et dès lors on ne sait plus rien de lui, tant il vécut retiré et replié sur lui-même. La Société vaudoise des sciences naturelles, qui l'eût volontiers reçu au nombre de ses membres actifs ou honoraires, ignora complètement son existence. Il était si découragé que les caisses qui contenaient ses plantes sont restées closes, telles qu'elles étaient arrivées en Suisse, et qu'il a tout à fait abandonné ses études favorites; aussi un grand nombre de paquets de *Rubus*, provenant de ses correspondants de France, ne renferment que des échantillons indéterminés, pour lesquels il faudra recommencer le travail de la détermination. Pour un grand nombre d'entre eux cependant, ce ne sera pas difficile, car Müller a laissé la liste des spécimens reçus de Timbal-Lagrave, de Lefèvre et de Levent (de la Marne), avec ses déterminations. D'ailleurs, ces paquets, surtout ceux de l'Ouest et du Midi, renferment d'énormes quantités de *Rubus ulmifolius* Schott et de ses diverses formes, type où les botanistes français s'acharnaient à trouver des espèces distinctes.

Parmi les autres genres que Muller a plus ou moins étudiés, il faut citer le genre *Potentilla*, où il a créé quelques espèces, entre autres le *P. leucopolitana*, de Wissembourg (*Leucopolis*), le *P. Schultzii*, du Palatinat, et le *P. rhenana* des bords du Rhin et de la Moselle. Il a laissé, en outre, un travail autographié : *Description de quelques espèces nouvelles de Potentilles de la section VERNALES*, 1869. Il paraît avoir étudié de plus les *Mentha*, les *Hypericum*, les *Ajuga*, les *Orchidées*, les *Champignons*, etc., mais il n'a rien publié.

Certainement, tout découragé qu'il était, Muller a dû explorer les environs de Nyon; mais, semble-t-il, sans s'éloigner beaucoup : il y a recueilli, entre autres, des *Potentilla*. De plus, comme tout l'intéressait en histoire naturelle, il a observé au sud-ouest de cette ville, sur une rive coupée en falaise, un gisement de terrain quaternaire, offrant une succession régulière d'argile glaciaire, à fleur d'eau, de sables et graviers, suivie d'une couche de *craie lacustre*, terrain qui jusqu'alors n'avait pas été signalé parmi les sédiments du lac Léman. M. le Dr Schardt a rendu compte de cette découverte dans notre séance du 4 juillet 1888¹.

¹ Le mérite de cette découverte revenant à Ph.-J. Müller, il était de toute justice de le rappeler.

Philippe-Jacques Muller est décédé à Nyon le 13 mai de l'année 1889, après quatre jours de maladie (embolie cérébrale), dans sa 57^e année. Sa collection conchyliologique a été donnée au musée de Nyon. Ses collections botaniques ont été offertes au musée de Lausanne au nom de ses héritiers et particulièrement de sa mère.

M. Adolphe Muller a joint à ce don généreux quelques exemplaires de l'Essai monographique et divers manuscrits accompagnés de nombreux dessins.

Bien qu'il n'ait pu achever ses travaux et que l'herbier normal qu'il projetait n'ait jamais paru, le botaniste de Wissembourg a laissé de toutes parts des traces nombreuses et profondes. Il suffit pour s'en convaincre de consulter, pour l'Allemagne, les *exsiccata* de Wirtgen, les nombreux travaux et *exsiccata* de Fr. Schultz et le classique *Synopsis Ruborum Germaniæ* de Focke, de Brême; pour la France, entre autres, le mémoire de l'abbé Chaboisseau, cité plus haut, les deux éditions de la monographie de Genevier¹, enfin *Les Rubus de l'Anjou*, de M. Georges Bouvet, dernièrement parus (Angers, 1889).

Il faut citer aussi, pour les potentilles, les publications de Zimmeter (Steyr, Haute-Autriche, 1883, et Innsbrück, 1889).

Müller était membre honoraire de la Société des Sciences naturelles de Cherbourg. En 1864, il assistait, à Toulouse, avec son ami Timbal-Lagrave, à la session de la Société botanique de France, avec laquelle il fit une excursion dans les Pyrénées. Sa photographie, que m'a obligeamment adressée son frère, a été jointe aux portraits et photographies du musée botanique de Lausanne.

Tels sont les renseignements que j'ai pu recueillir sur la carrière scientifique de Philippe-Jacques Muller; elle méritait d'être rappelée, et je suis heureux d'avoir pu le faire, quoique d'une manière imparfaite, dans cette courte notice.

Décembre 1889 et mars 1890.

¹ Essai monographique, 1868; Monographie des Rubus du bassin de la Loire, 1880.

SITUATION AU 31 DÉCEMBRE 1889

Compte général.

RECETTES

214 contributions	Fr.	1,712	—	
8 finances d'entrée	»	40	—	
Intérêts des créances.	»	3,281	34	
Tirages à part payés par les auteurs.	»	142	90	
Bulletins vendus, abonnements	»	123	65	Fr. 5,299 89

DÉPENSES

Bulletin, brochage, etc	Fr.	761	30	
Bibliothèque, frais divers . . .	»	387	75	
Fonds de Rumine, achat de li- vres et abonnements	»	181	95	
Frais d'adminis- tration: Impôts	Fr.	282	98	
Annonces	»	84	50	
Locat. du Musée.	»	39	50	
Ports et débours.	»	45	—	
Affich. du bullet.	»	26	—	
Trait' et dép. div.	»	173	88	» 651 86
Loyer	»	397	—	
Excéd. des recettes sur les dép.	»	2,920	03	» 5,299 89

ACTIF

Compte des titres en dépôts à la Banque cantonale:

10	délégations	Desplands	Fr.	10,000	—
4	»	Wyssbrod.	»	4,000	—
12	»	Hôtel Gibbon	»	12,000	—
2	»	Favre	»	2,000	—
4	»	Cuénod	»	4,000	—
55	obligations	Suisse Occidentale.	»	28,050	—
4	»	Ville de Payerne	»	2,000	—
14	»	3 ¹ / ₂ vaudois	»	6,930	—
5	»	Emprunt des Marais de l'Orbe	»	5,000	—
1	»	Franco-Canadien	»	482	—
2	»	Commune de Vevey	»	1,960	—
8	»	Soc. financ. Franco-Suisse	»	4,072	—
				Fr.	80,494 —
Rates d'intérêts au 31 décembre 1889 . . .				»	1,027 70
Solde redu par la Banque cantonale vaudoise.				»	3,048 90
Espèces en caisse				»	110 38
Divers débiteurs redoivent				»	311 —
Total de l'actif au 31 décembre 1889. . . .				Fr.	84,991 98

PASSIF

Créanciers divers. Solde redu	Fr.	38 15
Capital au 31 décembre	»	84,953 83
		Fr. 84,991 98

Lausanne, le 24 mai 1890..

Le Caissier, L. PELET.



RAPPORT

de la Commission de vérification des comptes et de la Bibliothèque
pour 1888.

Messieurs,

Les commissaires soussignés se sont réunis le 12 juin 1889, au local de la Société, pour l'examen des comptes et la visite de la Bibliothèque. M. W. Grenier s'étant fait excuser, ils ont dû procéder à eux deux seulement.

Avec le bienveillant concours de M. L. Pelet, comptable actuel, ils ont examiné attentivement toute la comptabilité de la Société. Ils l'ont trouvée bien à jour et en parfait ordre. En particulier, ils peuvent déclarer que le résumé des comptes qui vous est soumis, imprimé, est parfaitement conforme aux chiffres inscrits dans les livres.

D'après ces chiffres, l'exercice boucle par un excédent de recettes de 1266 fr. 41, mais il faut tenir compte qu'au lieu de deux numéros du *Bulletin*, il n'en a paru en 1888 qu'un seul, qui a coûté une somme à peu près équivalente à cet excédent. Notre position n'est donc pas si brillante que cela paraîtrait au premier abord; aussi est-il bon d'examiner d'un peu plus près les recettes et les dépenses :

Nous constatons aux recettes 214 cotisations pour 1888, plus une arriérée de 1887. Le nombre des membres de la Société étant, d'après le registre, de 218, il y a donc 4 cotisations arriérées, dont 2 sont rentrées dès lors. Ces retards sont, en général, le fait de membres domiciliés hors de Suisse, qui paient pour deux ou trois années à la fois. Il n'y a donc ici rien à redire. Toutefois, il faut remarquer que l'un de ces retardataires doit déjà quatre cotisations! C'est trop!

Les intérêts perçus en 1888 s'élèvent à 3212 fr. 70. Cela fait à peine le 4 % de notre capital. Les titres qui le représentent sont tous ce qu'on nomme de *bonnes valeurs*, laissant peu de chances de perte, mais rapportant aussi un faible intérêt. C'est ainsi qu'il doit en être dans une Société comme la nôtre.

En revanche, le crédit en compte-courant à la Banque cantonale était au 31 décembre de 4796 fr. Nous trouvons que c'est

beaucoup trop, d'autant plus qu'il s'y est ajouté dernièrement 1700 fr. perçus pour cotisations 1889, tandis que les dépenses du premier semestre 1889 n'ont été que de 750 fr. On pourrait donc améliorer la situation financière de notre Société en faisant un placement sur titres, de 3 ou 4 mille francs, qui rapporteraient environ le 4 % au lieu du 2 % que bonifie la Banque.

L'accroissement de notre capital depuis l'année dernière est de 1555 fr. et provient de l'excédent susmentionné des recettes et de la plus-value des 55 obligations Suisse Occidentale.

Nous avons appris que le comptable ne reçoit pas régulièrement les avis de perception de la Banque, qui sont adressés, paraît-il, au président. Cela est fâcheux, car il n'a pas en mains les pièces nécessaires pour vérifier les comptes fournis par la Banque. Nous prions le Comité de pourvoir à ce que dorénavant ces avis de perception parviennent régulièrement au comptable.

Quant aux dépenses, les frais de reliure ne devraient pas figurer au compte Fonds de Rumine, destiné à des achats de livres, mais au compte Bibliothèque. Il en était ainsi il y a quelques années. Par suite d'une gêne momentanée, on a dévié une fois de cette règle, cela a fait pli, et dès lors on a continué cette irrégularité. Nous demandons que l'on en revienne à l'usage normal.

Une dépense qui paraît bien élevée au premier abord, c'est celle de 908 fr. 24 aux Frais d'administration, aussi avons-nous tenu à vous présenter à part un groupement systématique de ces dépenses, que M. Pelet a bien voulu préparer sur notre demande. Il en ressort que les frais relatifs aux séances (local, annonces, convocations, compte-rendu) entrent dans ces frais pour 243 fr., le traitement du secrétaire pour 200 fr., les impôts et assurance pour 278 fr. environ. Nous voudrions qu'on invitât le Comité à examiner s'il n'y aurait pas moyen de réduire quelque peu ces frais d'administration. En particulier, nous voudrions que l'on tentât quelques démarches pour obtenir des autorités cantonales et communales une exonération d'impôt, en raison du but d'utilité publique de notre Société; ou, si cela n'est pas possible, qu'on leur demandât des subventions équivalentes aux impôts qu'elles nous réclament. Si l'on ne pouvait l'obtenir, il nous paraîtrait convenable de ne pas grever le compte d'administration de ce gros chiffre, mais d'ouvrir un compte spécial pour impôts et assurances. En compensation, on

pourrait sans inconvénient supprimer le compte de mobilier, assez inutile.

Un poste qui appelle nécessairement une explication, c'est le chiffre de 61 fr. 50 pour perte au compte A.-L. Dutoit. Nous pensions, avec vous tous, Messieurs, que ce compte était entièrement réglé ! Il paraît qu'il y avait eu une erreur de cette valeur dans le chiffre précédemment inscrit comme part de notre Société dans la répartition et que c'est la moins-value de cette part qui figure ici.

Enfin, nous voudrions présenter deux demandes au Comité, afin que les vérificateurs futurs se rendent plus facilement compte de la marche financière de notre Société. Nous le prions d'abord de soumettre dorénavant aux commissaires, à titre de pièces justificatives, les *notes acquittées*, classées et cotées d'avance, avec les numéros des bons. Cela nous paraît élémentaire. Puis de leur présenter également un groupement systématique des dépenses, spécialement des frais d'administration.

Pour ce qui concerne la Bibliothèque, nous en avons fait un examen très sommaire. Nous avons trouvé les registres et le catalogue manuscrit bien à jour et en fort bon ordre. Nous avons demandé au hasard divers ouvrages, sur lesquels M. Mayor a su mettre la main immédiatement. Mais l'encombrement est tel, qu'il faut bien la connaissance intime qu'en a notre excellent et consciencieux bibliothécaire pour pouvoir s'y retrouver. Un observateur superficiel croirait notre bibliothèque en désordre. C'est le manque de place qui en est cause.

En résumé, Messieurs, vos commissaires-vérificateurs proposent à l'assemblée générale :

A. *D'engager le Comité* : 1° A diminuer le compte-courant à la Banque cantonale, en faisant un placement de 3 à 4 mille francs sur bonnes valeurs ;

2° A porter dorénavant au compte Bibliothèque, et non au compte Fonds de Rumine, les frais de reliure ;

3° A faire adresser directement au comptable les avis de perception de la Banque cantonale ;

4° A examiner comment l'on pourrait arriver à diminuer les frais d'administration ;

234 VÉRIFICATION DES COMPTES ET DE LA BIBLIOTHÈQUE

5° A faire des démarches auprès des autorités cantonales et communales pour obtenir l'exonération des impôts ou des subventions correspondantes ;

6° A présenter dorénavant aux vérificateurs les pièces justificatives et explicatives qui nous ont manqué et que nous avons mentionnées ci-dessus.

B. D'*approuver les comptes* de l'exercice 1888.

C. De *voter des remerciements* au Comité, au comptable et au bibliothécaire pour leur bonne et consciencieuse gestion.

Lausanne, le 17 juin 1889.

E. RENEVIER, prof.

Et. GUILLEMIN, ingén.



PROCÈS-VERBAUX

SÉANCE DU 7 NOVEMBRE 1888.

Présidence de M. H. BLANC, président.

Le procès-verbal de la séance précédente est lu et adopté.

M. le président annonce la démission de M. *Gowthorpe*, et présente deux candidatures, celle de M. G. *Martinet*, prof. d'agriculture, présenté par MM. Bieler et Jean Dufour, et celle de M. *Herbert-Georges Fordham*, au chalet Boa-Vista, Lausanne, présenté par M. le Dr E. Bugnion.

Communications scientifiques.

M. **Robert** fait circuler différents échantillons de dépôts d'or métallique sur des plaques de verre ou dans des ballons en verre, obtenus d'après le procédé de Böttger, en réduisant le chlorure d'or par la glucose et l'aldéhyde éthylique.

Il montre que la couleur de la lumière transmise varie, suivant l'épaisseur du dépôt, du bleu pur au violet et au vert.

M. **Maurice Lugeon** a découvert dans les terrains glaciaires de la Paudèze, près Lausanne, une couche fossilifère. Ces terrains sont formés de boue glaciaire avec cailloux anguleux et striés. Par leur érosion, les pluies du 2 au 3 octobre ont mis à jour, sous 2 à 3 mètres de *diot*, une couche noirâtre de 30 centimètres d'épaisseur, dans laquelle on trouve une grande quantité de fragments de bois, des fruits de *Fagus sylvatica*, L., et de rares hélix très abîmés par la fossilisation.

Un insecte y a été trouvé. C'est, d'après le prof. Dr Bugnion, l'*Hydroporus memnonius* σ , Nicolaï, coléoptère aquatique de la famille des *dytinides*, encore répandu aujourd'hui dans l'Europe tempérée, mais assez rare partout, reconnaissable par ses élytres finement chagrinées, avec des points relativement assez distants (chez le σ) et deux rangées de points plus gros.

M. **Curchod**, forestier, frappé de la gravité de la dernière crue du Flon, pour Lausanne, aimerait voir les géologues étudier cet événement de plus près.

M. Sylvius CHAVANNES, en donnant la coupe des rochers qui bordent le Flon, ne croit pas au danger.

M. Jean Dufour fait part de ses *observations sur la conservation de la chlorophylle en automne*, dans les tissus des feuilles atteintes par certains parasites : animaux ou végétaux. Il montre des feuilles de frêne, de prunier, de poirier, d'érable, etc., qui présentent ce phénomène. Ces feuilles, jaunissantes et déjà à demi-desséchées, sont marquées de taches vertes aux places occupées par des champignons parasites qui appartiennent aux genres *Uncinula* et *Phyl-lactinia*.

Chez d'autres feuilles, ainsi chez les cerisiers et les pruniers, on voit, à la fin de l'automne, des places rester vertes, sous l'influence d'une petite larve qui vit entre l'épiderme et le parenchyme.

Les parasites peuvent donc provoquer une sorte d'*excitation* dans les tissus atteints par eux, excitation qui se traduit tantôt par la formation de galles ou d'excroissances, tantôt par une prolongation de la vie dans les cellules où s'étend leur action.

M. le professeur Grenier donne des renseignements sur les causes du désastre de Sonzier.

MM. SCHARDT, Charles et **Henri DUFOUR** et **FOREL** ajoutent quelques détails.

M. F.-A. Forel. La crue du lac, le 2 et le 3 octobre 1888. (*Voir aux mémoires.*)

SÉANCE DU 21 NOVEMBRE 1888.

Présidence de **M. E. CHUARD**, vice-président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce la démission de **M. Colomb**, notaire, à St-Prex, et proclame **M. Herbert-Georges Fordham** et **M. G. Martinet** membres de la société.

M. le président lit une circulaire d'invitation de la Société d'émulation du Doubs à sa séance annuelle du 13 décembre, à Besançon.

Communications scientifiques.

M. Guillemin, ingénieur, fait circuler des photographies représentant le glissement de la Rochettaz et donne des explications.

M. Guillemin raconte encore la persistance avec laquelle la glycine s'enroule de gauche à droite ; cette plante, âgée de 16 ans, lui a donné pour la première fois, cette année, des gousses.

M. Jean DUFOUR dit que, pour les plantes grimpantes, la direction de la torsion est constante pour la même espèce.

M. Chuard, prof., présente une carte géologique des principaux gisements de phosphates minéraux en France, et des diagrammes de la production de ces gisements par département, en 1886.— Ces documents résument une statistique fort complète et d'un haut in-

térêt que le ministère des travaux publics de France a fait établir par son service des mines, en 1887, pour l'exercice de l'année précédente.

Il résulte de ces recherches que les gisements de phosphates exploitables en France occupent une superficie d'environ 30,000 hectares ; leur richesse totale est évaluée à 32 $\frac{1}{2}$ millions de tonnes, ce qui représente, aux cours actuels, une valeur de plus d'un milliard. La production annuelle a été, en 1886, de 184,000 tonnes, d'une valeur d'environ 7 millions. Ces chiffres seraient beaucoup plus élevés en 1887, grâce à la récente découverte et à la mise en exploitation des gisements d'Orville et de Beauval, où le phosphate de chaux est à un état de pureté qu'on observe rarement. Tandis que dans les autres gisements le phosphate exploité est, soit à l'état de roche plus ou moins compacte, de structure amorphe (phosphorite) ou de rognons et nodules d'une assez grande dureté et de dimension variable, le phosphate de Beauval est à l'état sableux, en petits grains arrondis, de structure concrétionnée, remplissant des poches ou cuvettes, de profondeur assez considérable, dans une craie, elle-même phosphatée, qui appartient au sénonien. Ce sable, qui dose de 70 à 80 % de phosphate de chaux, peut être employé sans autre préparation qu'un séchage à la fabrication des engrais phosphatés et son exploitation est des plus rémunératrices.

On s'est aussi préoccupé, en Suisse, de la recherche des phosphates minéraux. Une commission fédérale fut même chargée de cette étude, il y a une vingtaine d'années. Elle constata, en divers points, l'existence de roches phosphatées, mais dans des conditions telles que l'exploitation n'en était pas réalisable, soit à cause de la difficulté du transport, soit pour d'autres raisons (compacité de la roche, dissémination des nodules, etc.).

Dans le canton de Vaud, on indique depuis longtemps les couches de l'albien et du vracien à Ste-Croix comme renfermant des fossiles phosphatés ; cependant aucune analyse n'en avait été faite, ou du moins publiée. M. Chuard a étudié un certain nombre d'échantillons de ces deux étages et y a reconnu la présence de l'acide phosphorique en proportion variant de 16 à 19 %. Ces fossiles se distinguent en outre par leur faible proportion de fer et d'alumine, ce qui est avantageux pour la fabrication des engrais phosphatés. Quant à la possibilité d'une exploitation, il n'est pas permis d'y songer avant que Ste-Croix soit relié au reste du canton par une voie ferrée.

SÉANCE DU 5 DÉCEMBRE 1888:

Présidence de M. BLANC, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce la candidature de M. Moreillon, élève de l'Ecole industrielle, division supérieure, présenté par MM. Forel et Schnetzler.

Communications scientifiques.

M. Robert. Le colorimètre de M. Cornu et la gamme de M. Forel ont l'inconvénient d'être assez fragiles et délicats à transporter. J'ai essayé de construire un appareil très simple qui a au moins le mérite d'être très portatif :

Dans une petite monture en laiton de 2.5 cent. de diam., on peut superposer des disques de gélatine transparente, colorés par immersion pendant un temps déterminé dans un bain également déterminé de couleur.

En superposant des disques de même couleur, on fait varier l'intensité de la teinte; en superposant des disques de couleurs différentes, des bleus avec des jaunes, par exemple, on obtient les verts. Il est possible, en procédant graduellement, d'obtenir tous les passages entre le bleu et le jaune et l'appareil se prête très bien à l'étude de la couleur de l'eau.

M. FOREL trouve l'appareil très ingénieux et recommande à M. Robert de poursuivre ses études sur ce sujet.

M. Renevier, professeur, présente un bois de cerf, de belle dimension, mais malheureusement incomplet à son extrémité, qui a été trouvé cet été dans les alluvions de la Vallée de Joux, et que M. L. Gauthier, instituteur, au Sentier, a pu obtenir pour notre Musée géologique.

M. le professeur L. Rutimeyer, de Bâle, auquel on avait soumis le dessin, a déclaré que ce bois provient, sans aucun doute, du *Cervus elaphus*. Il a été trouvé au Chenit, vers les Moulins, à quelques pas du lit actuel de l'Orbe, à 1020 mètres d'altitude, dans un fossé qui a donné la coupe suivante :

a) Terre végétale, environ	50 cm.
b) Marne	25 »
c) Couche formée exclusivement de débris végétaux	30 »
d) Gravier fin et moyen	? »

C'est un peu au-dessus de ce gravier, vers la base de la couche végétale, que l'on a rencontré ce bois de cerf, associé à des débris de branches de sapin, de pin, de saule, avec des cônes de sapin. Les entailles dont il est marqué sont dues à la pioche des ouvriers.

M. Renevier montre également à la société de très jolis fossiles d'eau douce (*Melania Escheri*, *Helix*, *Unio*) trouvés récemment par M. Th. Rittener, aux environs de Ste-Croix, dans la tranchée de la nouvelle route de La Chaux à Noirvaux. M. Rittener, qui a bien voulu envoyer ces fossiles au Musée, prépare sur ce nouveau et remarquable gisement, une notice qu'il présentera à la Société pour le *Bulletin*.

M. SCHARDT cite un bois de cerf qui existe au Musée de Montreux et qui a été trouvé près de Tavel.

M. Golliez. Eboulements.

M. FOREL insiste sur la similitude des phénomènes qui se produisent dans les éboulements et dans les glaciers. Un glacier descend comme un éboulement.

M. DE BLONAY croit qu'il y aurait lieu à étudier de plus près les causes de l'éboulement de Rochette, en particulier les changements survenus dans le régime des eaux.

M. RENEVIER estime que la cause prédominante de l'éboulement a été l'humidité particulièrement grande de l'été de 1888. Il y a une parfaite similitude, toutes proportions gardées, entre l'éboulement de Rochette et celui du Rossberg.

MM. GOLLIEZ, FOREL, GUILLEMIN, DE BLONAY, RENEVIER parlent encore des causes de l'éboulement de Rochette et en particulier des galeries de mines qui se trouvent dans cette colline. Il résulte de la discussion que l'on ne peut pas attribuer l'éboulement au tassement provoqué par ces galeries.

M. Forel. Sur le débit des affluents du lac pendant l'orage du 2 octobre 1888. (*Voir aux mémoires*)

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 19 DÉCEMBRE 1888.

Présidence de M. H. BLANC, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président proclame M. Moreillon membre de la Société et annonce la candidature de M. Bertschinger, présenté par MM. Renevier et Schnetzler. Il annonce encore que M^{lle} Fraisse a donné à la Société, en souvenir de son père, l'édition originale du voyage dans les Alpes, de de Saussure, puis on passe au renouvellement du comité pour 1889.

Pendant la votation, M. F.-A. FOREL présente le rapport du comité chargé de l'érection du monument Darwin.

M. le président donne ensuite le résultat des élections :

M. le professeur Chuard est élu président par 25 voix. M. Jean Dufour vice-président par 19 voix, M. H. Golliez remplace M. H. Blanc, démissionnaire ; enfin MM. Renevier, Guillemin et W. Grenier sont nommés commissaires-vérificateurs.

Fixation des heures des séances. Le comité propose que les séances aient lieu dorénavant le premier mercredi de chaque mois, à 4 heures, au lieu de 2 h., et le troisième mercredi, à 8 h. du soir.

M. RENEVIER voudrait que toutes les séances aient lieu à 4 heures, elles sont plus fréquentées et conviennent mieux aux membres forains.

M. CHUARD fait remarquer que les séances de 4 heures peuvent difficilement être suivies par les professeurs, assistants et étudiants qui travaillent dans les différents laboratoires de l'Académie.

MM. SCHARDT et ROSSET partagent la manière de voir de M. Chuard et, après votation, la proposition du comité est adoptée.

Fixation de la finance d'entrée. — M. CHUARD, au nom du comité, propose de fixer la finance d'entrée à 5 fr. et la cotisation annuelle à 8 fr. Cette proposition est acceptée après votation.

M. H. DUFOUR désirerait qu'il y eût une différence de finance pour les membres lausannois, qui profitent plus des séances de la Société que les membres du dehors. Cette question doit être étudiée par le comité et il faut chercher à favoriser, sous ce rapport, les membres forains.

L'ordre du jour amène la discussion du budget pour 1889, et le projet, présenté par M. PELET, est adopté comme suit :

RECETTES		DÉPENSES	
Finances d'entrée . .	Fr. 30	Impression, brochages	Fr. 2.450
Contributions annuelles	» 1,800	Bibliothèque, trait exp.	» 400
Bulletin vendus . . .	» 70	Administrat., frais div.	» 900
Intérêts perçus . . .	» 3,150	Loyer	» 400
Tirages à part . . .	» 100	Fonds de Rumine, achat de livres . .	» 750
		Dépenses imprévues.	» 250
Total . . .	Fr. 5,150	Total . . .	Fr. 3,150

M. H. DUFOUR demande, à ce sujet, si la Société, étant considérée comme société d'utilité publique, ne pourrait pas être exonérée d'impôts ou, au moins, de l'impôt communal. Le comité étudiera la question.

Communications scientifiques.

M. F.-A. Forel présente une nouvelle forme de la gamme de couleur pour l'étude de l'eau des lacs. Il emploie comme précédemment (séance du 21 décembre 1887. Archives XIX, 192) des solutions de sulfate de cuivre ammoniacal et de chromate neutre de potassium, en mélanges proportionnels ; mais il a trouvé utile d'étendre cette gamme au 1:200^e, pour avoir des tons plus pâles qui éteignent moins pour l'œil la couleur, assez sombre, de l'eau. Le jaune de chrome ayant un pouvoir colorant plus grand que celui de l'eau céleste, une gamme, à tons également espacés, est donnée par une solution de sulfate de cuivre contenant les proportions centésimales suivantes de chromate de potassium :

0. 2. 5. 9. 14. 20. 27. 35. 44. 54. 65., etc.

Ces mélanges sont renfermés dans des tubes de verre blanc, de 8^{mm} de diamètre intérieur, scellés à la lampe.

M. H. DUFOUR demande à M. Forel de construire deux échelles de couleurs identiques et de conserver l'une dans l'obscurité pour constater l'influence de la lumière sur la seconde.

M. le professeur **Schnetzler** fait circuler des fruits du *Ginkgo bilobé* L. ou *Salisburya adiantifolia* S. m., conifère de la famille des taxinées qui a fructifié, pour la première fois, cette année, dans le jardin de l'hôtel Beau-Rivage.

M. **Forel** présente, au nom de M. Jules Bellet, étudiant en pharmacie, une belle série d'ossements fossiles de la faune diluvienne, et d'objets de l'industrie humaine trouvés dans la grotte du Mas d'Azil (Arriège). La plus belle pièce recueillie dans cette caverne est

une défense d'éléphant portant en haut relief l'image de deux ruminants à cornes (bouquetins et moufflons).

M. N. Lœwenthal parle ensuite des *altérations destructives des ovules primordiaux*. La régression peut suivre deux voies distinctes : dans un bon nombre de cas, le noyau se rétracte dans sa loge et se trouve séparé du corps de la cellule par une cavité intermédiaire. Les altérations du contenu nucléaire sont moins profondes et moins variées que dans les cas suivants. Plus fréquemment, le noyau, ou les produits qui en dérivent, reste en contiguité avec le contenu de la cellule. L'altération de la substance nucléaire donne naissance à des produits divers et variés et pourrait être rattachée à l'altération chromatolytique du noyau, décrite par Flemming dans les cellules de la membrane granuleuse.

M. Lœwenthal signale ensuite la présence des leucocytes dans la couche de l'épithélium germinatif et dans les tubes ovariens.

Puis **M. H. Golliez** fait circuler trois échantillons de *magnétite erratique* trouvés, à Mont-la-Ville, par M. Courvoisier. Ces spécimens, pesant ensemble 30 $\frac{1}{2}$ kilogs, proviennent probablement, dit M. Golliez, de Mont-Chemin, sur Martigny. C'est la première fois qu'on trouve, dans le terrain erratique, des minerais en masse aussi considérable.

M. Rey constate l'identité des échantillons de Mont-la-Ville avec ceux du musée de Vevey, provenant de Mont-Chemin.

M. Schardt signale une nouvelle découverte de l'*unio batavus*, pêchée par lui dans le lac, près de Villeneuve, et vivant encore dans son aquarium; puis il parle de la floraison extraordinaire de plantes alpines, telles que gentianes, potentilles, polygalas, etc. etc., qu'il a rencontrées dans une ascension à la Cape au Moine, le 16 décembre.

M. Forel donne lecture de quelques pages d'un intéressant mémoire de **M. Gauthier**, prof., au Chenit, intitulé : *Contribution à l'étude du lac de Joux*. Ce travail est une monographie très complète de la congélation, du régime des eaux et des entonnoirs du lac de Joux. Il sera d'ailleurs publié dans le Bulletin.

Enfin MM. GOLLIEZ et H. SCHARDT donnent encore quelques explications sur l'apport d'eau anormal dont parle M. Gauthier. Ils l'attribuent à l'existence d'une faille, aboutissant directement dans le bassin du lac.

L'ordre du jour étant épuisé, M. H. Blanc, en se retirant de ses fonctions de président, prie la Société d'agréer ses remerciements pour la confiance qu'elle lui a témoignée, puis il remet la présidence à M. Chuard.

Qu'il nous soit permis de remercier M. Blanc de son zèle et de son dévouement pour la Société

SÉANCE DU 9 JANVIER 1889.

Présidence de M. E. CHUARD, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président proclame M. le Dr *Bertschinger* membre de la Société et annonce la candidature de M. *Rittener*, présenté par MM. Schardt et Golliez, puis il fait circuler le programme du concours Bressa.

M. CHUARD annonce encore, au nom du comité, que dorénavant les orateurs qui prendront part à une discussion sont invités à remettre au secrétaire, dans le délai de 10 jours, une analyse écrite de leur communication, sinon une simple mention de son titre sera faite au procès-verbal.

Communications scientifiques.

M. **Paul Mayor** fait circuler la queue d'un serpent à sonnettes et explique le mécanisme qui la fait agir.

M. le ministre **Rapin** attire l'attention sur le fait que la comète Barnard est encore visible dans une bonne lunette de deux pouces, et il ajoute quelques détails sur cette comète télescopique, découverte le 2 septembre passé, à l'observatoire de Mount-Hamilton, près San-Francisco, Californie. Du 25 novembre à aujourd'hui 10 janvier 1889, elle a fait le chemin suivant au travers des constellations : asc. dr. 11 h. 57 m. à 0 h. 2 m. 43 sec., décl. australe 4°50' à 6°46'4". Elle doit passer au périhélie à la fin du présent mois de janvier, après avoir eu son maximum d'éclat à la fin de novembre passé. « On distinguait alors, avec un réfracteur Merz, de six pouces d'ouverture, et un grossissement de 46 fois, un noyau nébuleux entouré d'une nébulosité plus faible et graduellement décroissante, ayant environ 6 à 7 minutes de diamètre; une queue large, faible et courte, non étalée, dirigée vers l'orient ». (Prof. M. T., près Genève.)

M. **F.-A. Forel** traite de diverses images déprimées par la réflexion sur le lac calme ou sur les vagues mortes (*Voir aux mémoires*), puis il expose la théorie de la floraison des soldanelles, *perce-neige*. (*Voir aux mémoires*.)

M. le prof. **H. Dufour** présente une nouvelle forme de l'hygromètre à condensation intérieure précédemment décrit. (Bull. Soc. vaud. sc. nat., n° 98, p. 88). Dans cet appareil on a supprimé le cylindre extérieur de laiton et les trois tubulures latérales; le tout est remplacé par un simple cylindre de verre au travers duquel on observe la plaque polie.

SÉANCE DU 23 JANVIER 1889.

Présidence de M. CHUARD, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président souhaite la bienvenue à M. le prince Roland Bonaparte qui a bien voulu nous honorer de sa présence. Il le remercie de l'intérêt qu'il a déjà témoigné à notre Société et il espère qu'il nous conservera toujours sa précieuse sympathie.

M. Rittener, prof. à Ste-Croix, est proclamé membre de la Société, et M. Nicati, pharmacien, à Lausanne, présenté par MM. J. Dufour et Gollier, est inscrit sur la liste des candidats.

Communications scientifiques.

M. le prof. RENEVIER communique l'extrait suivant d'une lettre de M. Jean Cruchet, agriculteur, à Pailly :

« En vue d'une conduite d'eau à amener à la laiterie du village, on a creusé, en amont de Pailly, de profonds fossés, dans lesquels se trouve un banc de tourbe de 0.50 à 1 mètre d'épaisseur, à près de deux mètres de profondeur, entre des couches d'une marne argileuse blanchâtre. Cette tourbe est assez décomposée et noircit fortement les mains. On y remarque plusieurs débris végétaux, ainsi que des coquilles d'eau douce non pétrifiées, des *helix* et *lymnées* délicates et fragiles. »

M. RENEVIER mentionne également une découverte intéressante que vient de faire, dans le Jura bernois, M. L. Rollier, prof., à St-Imier. Il s'agit du *pliocène d'eau douce*, qu'il a trouvé dans le val-lon de St-Imier, immédiatement sous le glacier, sous la forme de *poudingues* contenant des *vivipara*.

Enfin M. RENEVIER donne encore quelques détails intéressants sur le dernier congrès géologique international de Londres. (Voir Archives des sciences physiques et naturelles de Genève.)

M. le prof. Blanc parle du système excréteur des *vers nématodes* et, en particulier, de celui de *Oxyuris longicollis*, qui vit en parasite dans le gros intestin de la tortue grecque. Ayant eu une nouvelle occasion de vérifier ses observations précédentes et déjà communiquées à la Société helvét. des sciences naturelles, il a pu constater de plus : 1° Que chez certains individus les canaux postérieurs du système présentent parfois des ramifications (fait qui permet de rapprocher une fois de plus le système excréteur des nématodes de celui des vers plats). 2° Que chez les jeunes individus, c'était le saccule qui apparaissait en premier lieu, puis les canaux antérieurs et postérieurs, fait qui permettrait de considérer ce système comme provenant d'une invagination des téguments.

M. le Dr Jean Dufour parle de deux parasites des buissons de *raisins de mars* et de *grosceillier*. Le premier est un champignon brun, le *Polyporus ribis*, qui se développe très fréquemment au collet de ces deux arbustes, au niveau du sol. On le trouve quelquefois aussi

sur des branches peu élevées, en particulier chez le groseillier. Ce champignon est très difficile à détruire complètement, lorsqu'il a déjà pris un certain développement; il faut l'enlever avec un couteau dès qu'on le voit apparaître au pied des plantes qui le nourrissent de leur sève. Un second parasite, facile à observer maintenant dans les jardins des environs de Lausanne, est une espèce de *Kermès*, ou cochenille, qui couvre souvent de ses coques brunes les rameaux des raisins de mars. On peut recommander pour les combattre des aspersions d'un mélange de chaux et de jus de tabac.

M. Dufour met en circulation des échantillons de ces deux parasites.

M. **Maurice Lugeon** a découvert, dernièrement, un nouveau gisement fossilifère dans la molasse langhienne. Ce gisement se trouve dans la *forêt de Sauvabelin*, près de Lausanne. Les recherches, faites en compagnie de MM. J. Champod et John Charton, ont livré une grande quantité de strobiles du *Pinus Lardiana*, H., une noix, etc. Les feuilles fossiles, si communes dans tous nos gisements langhiens, sont ici très rares. La nature des fossiles, fruits, morceaux de bois et fragments d'écorce, ainsi que le grès poudingiforme dans lequel ils sont contenus, montrent des traces bien évidentes d'un ancien cours d'eau langhien. M. Lugeon en a déjà signalé dans d'autres gisements, ainsi aux nouveaux abattoirs et à la Borde. Dans ce dernier, le cours d'eau se dirigeait au nord-est, dans la direction de la mer helvétique.

M. le prof. **Chuard** propose, pour reconnaître la présence de petites quantités d'acide lactique, l'emploi du chlorure d'or avec un carbonate alcalin. Le chlorure d'or est réduit et l'acide lactique transformé en aldéhyde acétique. En appliquant cette réaction au produit de l'extraction, par l'éther, du résidu solide des vins, M. Chuard a constaté, même dans des vins parfaitement normaux, nullement altérés, la présence de l'acide lactique. (*Voir aux mémoires pour plus de détails.*)

SEANCE DU 6 FÉVRIER 1889.

Présidence de M. le prof. CHUARD, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président proclame M. *Nicati*, pharmacien, membre de la Société, puis il annonce qu'une collection du *Bulletin* de la Société est à vendre. Elle est déposée à la bibliothèque, où les amateurs pourront en prendre connaissance.

Communications scientifiques.

M. **RENEVIER**, prof., communique des renseignements plus précis obtenus de M. **J. Cruchet**, sur le gisement de tourbe de Pailly, dont il avait entretenu la Société dans sa précédente séance.

« Ce gisement se trouve sur le plateau mollassique, à l'altitude de 680 m., droit au nord de Pailly, au lieu dit *Hautaz-fin*, à environ 300 m. N.-E. de la maison isolée marquée sur nos cartes topographiques du nom de *La Croix*. Voici la coupe relevée par M. Cruchet, de haut en bas :

30 à 40 centimètres de terre végétale.

1^m50 Marne argileuse, blanchâtre.

6 à 8 centim. Argile blanche, pure.

50 centim. environ de Tourbe terreuse, noire.

1 mètre environ de Marne argileuse, blanc-grisâtre, remplie de coquilles et recouvrant immédiatement la mollasse.

L'ensemble de ces dépôts modernes, recouvrant la mollasse, atteint, suivant les points, jusqu'à 5 et 6 mètres d'épaisseur. La couche coquillière est évidemment ce que Heer a appelé la craie lacustre (See Kreide) qui forme habituellement le substratum de la tourbe.

M. Renevier fait circuler quelques échantillons de ces couches, envoyés par M. Cruchet au Musée, et, en particulier, une jolie série de coquilles terrestres et d'eau douce (*Helix*, *Lymnées*, etc.), bien conservées, qui n'ont pu être encore déterminées spécifiquement.

Une discussion intéressante, à laquelle prennent part MM. RENEVIER, CHUARD et FOREL, est soulevée par ce dernier à propos de la *calcification* et *décalcification* des eaux par le sol. Ce sujet important sera, du reste, traité spécialement dans une de nos prochaines séances par M. le prof. Chuard.

M. le prof. **Renevier** traite ensuite de l'adoption d'un *langage scientifique universel*, dont l'initiative a été prise par « l'*American philosophical Society* ». Cette société avait nommé, en 1887, un comité chargé d'examiner la valeur scientifique du Volapük. Ce comité a présenté au commencement de 1888 un rapport examinant : 1^o s'il est désirable d'avoir un langage scientifique universel, 2^o quels devraient être ses caractères, 3^o si le Volapük répond aux conditions requises.

Le comité concluait qu'une langue scientifique universelle était éminemment désirable et qu'il faut la former de toutes pièces, d'après les 6 langues aryennes les plus répandues, empruntant à chacune ce qu'elle a de meilleur et en formant un tout parfaitement systématique dans lequel la fantaisie ne joue aucun rôle. Quant au Volapük, il ne répond nullement aux conditions requises. En conséquence l'« *American philosophical Society* » engageait toutes les sociétés scientifiques à coopérer à la création d'un langage scientifique universel en instituant pour cela un congrès international qui se réunirait à Paris ou à Londres.

La *Société zoologique de France* a fait, à son tour, examiner la question par MM. *Chaper* et *Fischer*, et voici quelques-unes des conclusions de leur rapport :

4^o La Société zoologique de France déclare son intention de proposer et de soutenir devant le Congrès l'adoption, comme langue scientifique internationale, d'une des langues vivantes existantes ;

5^o Elle conseille que les ouvrages ou parties d'ouvrages relatifs

à la systématique continuent à être écrits en latin jusqu'à l'adoption définitive d'une langue scientifique internationale ;

6^o Elle est d'avis que le Volapük soit rejeté pour cet usage, comme ne présentant pas les conditions requises.

M. le prof. **Favrat** parle ensuite des *phénomènes de végétation tardive* et donne un extrait d'une liste de 140 fleurs, récoltées pendant les mois de décembre et de janvier. (*Voir aux mémoires.*)

M. F.-A. **FOREL** constate que, cette année, la floraison automnale a coïncidé avec la floraison printanière. Des crocus et des perce-neige ont fleuri à la fin de janvier, ainsi que des daphnés et des hépatiques.

M. J. **DUFOUR** estime que les observations de M. Favrat permettront d'établir une classification des plantes qui ont besoin d'une période de repos avant de reprendre leur croissance, période pendant laquelle s'élaborent des ferments et du sucre, et celles qui peuvent s'en passer.

M. le prof. H. **DUFOUR** expose à ce sujet les éléments météorologiques des deux mois précédents : La température moyenne du mois de janvier est de 0°, cette année, elle a été de — 1°3, présentant, comme on le voit, une *anomalie négative*. Ceci montre que ce n'est pas à une quantité de chaleur plus grande que la moyenne qu'il faut attribuer les phénomènes de végétation tardive, mais plutôt à la grande sécheresse du sol. Bien que la température minimum de janvier soit tombée à — 7°2, la température du sol ne s'est jamais abaissée au-dessous de 0°. Un second facteur qui explique encore la végétation tardive de cet hiver, c'est le grand nombre d'heures de soleil dont on a joui, et surtout à la montagne. Pendant le mois de janvier, par exemple, Lausanne a eu 78 heures de soleil, tandis que les Avants, situés au-dessus des brouillards de la plaine, ont vu briller le soleil pendant 128 heures.

M. **Nicati**, pharmacien, mentionne trois cas d'*empoisonnement par l'essence de vinaigre*. Ce produit tendant de plus en plus à remplacer le vinaigre naturel, M. Nicati croit utile d'indiquer le résultat d'analyses faites à la suite de ces trois cas d'empoisonnement. Il en résulte que ce produit est un mélange de 90 % d'acide acétique pur et d'alcool aromatisé. L'acide acétique étant un corrosif à l'égal des acides minéraux, les symptômes de l'empoisonnement ont été les mêmes que pour ces acides.

Un des trois cas étudiés fut mortel, la magnésie donnée comme contre-poison ayant été administrée trop tard. Il faut qu'elle soit prise, au maximum, 1 heure après l'empoisonnement.

M. F.-A. **Forel** expose quelques observations nouvelles sur les mirages d'hiver vus sur le lac.

Il cherche la limite de hauteur à laquelle l'œil peut apercevoir les mirages ; en employant un miroir incliné à 45° pour abaisser son rayon visuel, il arrive à les constater à une hauteur très faible au-dessus de l'eau. Les mirages sont encore parfaitement développés à 10 centim., à 5 cm., 2 cm. au-dessus de la nappe des eaux ; à 1 cm., M. Forel croit les avoir vus ; à un 1/2 cm., l'observation lui a échappé, le lac n'ayant pas été assez calme pour que le miroir ne

fût pas mouillé par quelque vague à cette très petite distance du plan de l'eau.

M. Forel insiste sur l'importance considérable de la dépression apparente de la nappe liquide en cas de mirage d'hiver, et sur le rapprochement énorme du cercle de l'horizon, dernier point de la surface des eaux dont les rayons réfractés parviennent à l'œil. Ces deux faces caractérisent aussi bien le mirage d'hiver que la formation d'une image réfléchie des objets situés au-delà du cercle d'horizon au-dessous du plan de partage.

M. Forel donne ensuite l'explication des *dentelures des vagues* à l'horizon en cas de mirage d'hiver. Ces dentelures sont à leur maximum de développement quand l'air est le plus calme : point n'est besoin que les vagues soient fortes ou aiguës ; la vague de refoulement d'un bateau à vapeur donne peut-être la plus belle apparition du phénomène. Celui-ci se voit pour des vagues situées à une petite distance au-delà du cercle de l'horizon : le rayon visuel, parti de la base de la vague, passe par réfraction au-dessus de l'œil et n'est pas aperçu ; le rayon visuel, parti de la crête de la vague, est moins réfracté que celui du cercle de l'horizon et le sommet de la vague apparaît ainsi comme un point suspendu en l'air. Un plan de réflexion en dessous du plan de partage transforme l'image de ce point en un losange à grand axe vertical qui est l'apparition parfaite des dentelures en question.

SÉANCE DU 20 FÉVRIER 1889.

Présidence de M. J. DUFOUR, vice-président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce la candidature de M. H. Gétaz, présenté par MM. Blanc et Gollier, prof.

M. le prof. RENEVIER demande quelques explications au sujet de l'assemblée générale, qui aura lieu, cette année, à Lausanne, le 19 juin, puis on passe aux

Communications scientifiques.

M. le prof. H. Dufour communique, au nom de M. GAUTHIER, instituteur, quelques détails sur un coup de foudre survenu au Sentier le 20 octobre dernier.

La foudre est entrée dans une maison « des Crétets » par le bas de la cheminée, en projetant les tuiles au loin, dans les prés, et carbonisant les poutrelles du toit, puis elle a suivi les tuyaux de deux poêles superposés traversant le plancher d'un étage. Elle est ressortie, en brisant les vitres d'une fenêtre, par la paroi sud de la maison recouverte de feuilles de tôle galvanisée, et a creusé dans le sol deux trous, de 10 à 15 cm. de profondeur. Ici encore, on peut constater que la foudre suit toujours le chemin de moindre résistance.

Une étude plus complète de ce coup de foudre intéressant sera publiée dans le Bulletin.

M. le prof. **Renevier** annonce que le vol. XV des *Mémoires de la Société paléontologique suisse* vient de paraître. Il contient 4 mémoires avec 37 planches 4^o, très bien exécutées. Ce sont :

L. RUTIMEYER. Relations entre les Mammifères du Vieux et du Nouveau Monde.

F. Koby. Polypiers jurassiques, 8^e partie.

Ed. GREPPIN. Bathonien des environs de Bâle.

P. DE LORIOU et BOURGEAT. Faune coralligène de Valfin (dernière partie).

Cette dernière monographie est d'un grand intérêt pour la géologie de notre Jura. Ce volume n'est en rien inférieur aux précédents et fait honneur au pays.

M. le prof. **H. Dufour** parle ensuite de la *diathermanie de la glace*. Il a étudié quelle est l'influence de la neige comme agent diathermane à propos de la communication de M. F.-A. Forel sur la floraison des soldanelles.

La neige blanche est un excellent protecteur. Un thermomètre, placé à 1 centimètre de profondeur dans la neige fraîche, donne au soleil une température de 3^o4; à 2 cm., il ne marque plus que 2^o2, tandis qu'à l'air libre il montait à + 22^o.

Lorsque la neige fond, elle devient transparente et plus diathermane.

M. **Jean Dufour**. La question de l'accroissement des tiges de *Soldanelles* au travers de la neige ayant été remise en discussion à la suite de la communication précédente, M. Jean Dufour expose brièvement quels sont, à son avis, les facteurs essentiels de ce phénomène si remarquable. Il estime que la chaleur vitale dégagée par la plante et surtout par les boutons, où l'activité respiratoire est considérable, constitue une des causes principales de la fonte de la neige autour des tiges. — La soldanelle présente cette particularité de pouvoir croître rapidement à une température très peu élevée, alors que la grande majorité des plantes sont encore dans leur période de repos.

SÉANCE DU 6 MARS 1889.

Présidence de M. E. CHUARD, prof., président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président proclame M. A. Gétaz membre de la Société, puis il fait circuler un appel pour l'érection d'un monument à Ohm, dont on va fêter, en 1890, le centenaire de la naissance.

M. le prof. RENEVIER offre à la Société le 3^e fascicule des *Eglogæ geologicae helveticae* au nom de la Société géologique suisse.

Communications scientifiques.

Au nom de M. le prof. **H. Pittier**, directeur de l'observatoire météorologique de San José de Costa-Rica, M. F.-A. FOREL présente

une relation abrégée des tremblements de terre désastreux survenus dans la république de Costa-Rica, Amérique centrale, le 29 décembre 1888, à 23 h. 15 min., et le 30 décembre à 4 h. 12 min., temps moyen de San José. Il l'illustre en l'accompagnant de tracés sismographiques, de photographies, de tableaux, de rapports imprimés et de plans. M. Pittier attribue cette période sismique, qui a commencé en octobre 1888, à une reprise d'activité de l'Orazu et du Poas, volcans dont il a visité lui-même les cratères après la catastrophe.

M. le prof. **Favrat** donne lecture d'une intéressante étude biographique parue dans le bulletin de la Société botanique de France sur la famille Thomas, de Bex, par M. Mouillefarine : *Une famille de botanistes : les Thomas, de Bex.* [Voir aux mémoires.]

M. FOREL communique encore, au nom de M. le Dr **Montfort**, de Morges, attaché au laboratoire chimique municipal de Mendoza, République argentine, des observations faites sur la couleur de la mer, en novembre 1888, dans la traversée de l'Atlantique entre Bordeaux et Buenos-Ayres. En utilisant la gamme de couleur Forel, M. Montfort a constaté que l'océan Atlantique est, en général, d'un bleu un peu plus pur que celui du lac Léman (à peu près la teinte de la mer Méditerranée vers la côte algérienne). Aux îles du cap Verd, le bleu était absolument pur, de la teinte du sulfate de cuivre ammoniacal.

Enfin M. **Forel** expose sa classification des lacs d'eau douce considérés au point de vue thermique.

Suivant que la stratification thermique est directe ou inverse, on distingue :

I^{er} TYPE : *Lacs tropicaux*, stratification thermique directe.

1^{re} classe : Lacs de grande profondeur, eaux infér. de température invariable au-dessus de 4°. Ex. : lac Léman.

2^e classe : Lacs de faible profondeur, eaux infér. de température variable au-dessus de 4°.

II^e TYPE : *Lacs tempérés*, stratification thermique alternante.

1^{re} classe : Lacs de grande profondeur, eaux infér. invariables à 4°. (Lac de Constance.)

2^e classe : Lacs de faible profondeur, eaux inférieures variables au-dessus et au-dessous de 4°. Ex. lac de Morat.

III^e TYPE : *Lacs polaires*, stratification thermique inverse.

1^{re} classe : Lacs de grande profondeur, eaux infér. invariables au-dessous de 4°.

2^e classe : Lacs de faible profondeur, eaux infér. variables au-dessous de 4°.

SÉANCE DU 20 MARS 1889.

Présidence de M. E. CHUARD, prof., président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

Communications scientifiques.

M. le prof. H. BLANC donne lecture, au nom de M. A. Gétaz, d'une *Note aranéologique sur le Pays d'Enhaut et sur deux espèces nouvelles*. Dans cette étude, très complète, M. Gétaz donne une liste de 87 espèces renfermant deux espèces nouvelles pour la faune suisse et deux espèces nouvelles pour la science aranéologique. (*Voir aux mémoires.*)

M. W. Robert fait circuler des échantillons d'incrustation de chaudière provenant des bateaux à vapeur l'*Helvétie* et le *Dauphin*. Ainsi que l'ont montré les analyses de H. Ste-Claire-Deville, Risler, Walther, Lossier et Brandbourg, l'eau du Léman contient 0.16 à 0.17 gr. par litre de matières solubles, consistant surtout en carbonate de chaux, sulfate de chaux, carbonate de magnésie, sulfate de sodium, etc., etc.

Les incrustations formées à l'entrée du canal d'alimentation de l'*Helvétie* forment une masse tufeuse blanche, pouvant se pulvériser entre les doigts. L'analyse a démontré la présence d'acide carbonique, de chaux, de magnésie et de traces d'alumine et de fer. L'oxyde de fer provient peut-être de la chaudière; il aurait été entraîné mécaniquement.

Les incrustations des tubes bouilleurs du *Dauphin* sont plus dures et d'une structure cristalline. Elles renferment les mêmes corps que celles de l'*Helvétie* et, en plus, de l'acide sulfurique. On pourrait supposer qu'on a voulu empêcher leur formation dans la chaudière de l'*Helvétie* en ajoutant de la soude qui précipite tous les sels calcaires à l'état pulvérulent sous forme de carbonates. Ceci expliquerait l'absence de l'acide sulfurique dans ces dernières.

M. Henri Dufour, professeur, donne le résumé de quelques-unes des observations faites par lui dans la *glacière de St-Georges*. Il rappelle que cette glacière a fait l'objet d'une étude très approfondie de M. le prof. Thury, de Genève. (*Archives des sc. phys. et nat.*, t. X, 1861, p. 97.) Les résultats des observations faites à Saint-Georges n'ont d'autre intérêt que de confirmer l'explication de la formation de la glace telle qu'elle a été donnée par M. Thury.

Les courses faites à St-Georges ont eu lieu en décembre 1879, dont la température a été exceptionnellement basse; en avril 1880 et en octobre 1888. Dans les courses d'hiver et de printemps, la chute d'air froid de l'extérieur a été nettement observée au moment où la température extérieure s'abaisse au-dessous de celle de l'intérieur. En décembre 1877, des mesures de température faites sur toute la hauteur de la galerie donnent des chiffres variant de $-5^{\circ}0$ à $-6^{\circ}0$, la température de l'air extérieur étant -1° à midi. La température de la glace à 10 cm. de profondeur était -6 , elle était de $-4^{\circ}8$ à 31 cm. de profondeur.

Pendant la nuit, la température de l'air dans la glacière est descendue à $-8^{\circ}5$ et -9° .

Au printemps (avril 1880), la température de l'air était un peu au-dessus de $0 + 0.2$ à $+0^{\circ}7$. La glace est en fusion et l'eau découle des voûtes. Pendant la période de 1879 à 1888, le plancher de glace s'est constamment élevé.

PROCÈS-VERBAUX

SÉANCE DU 3 AVRIL 1889.

Présidence de M. le Dr J. DUFOUR, vice-président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce la candidature de M. M. Decoppet, forestier, présenté par MM. J. Dufour et H. Blanc, prof.

Communications scientifiques.

M. Palaz expose le résultat des calculs qu'il a faits *pour justifier l'emploi d'un fil de retour commun dans les lignes téléphoniques*. On sait que l'exploitation simultanée des réseaux téléphoniques actuels et des circuits d'éclairage électrique est accompagnée d'inconvénients très graves. Les lignes téléphoniques actuelles sont reliées à la terre à leurs extrémités et le courant électrique ondulatoire qui transmet la parole emprunte la terre pour compléter le circuit. Or, il est difficile, sinon impossible, d'isoler complètement de la terre les lignes et les machines destinées à l'éclairage électrique; il se perd donc toujours une faible partie des courants électriques industriels qui se rend dans la terre; le sol est alors imprégné, en quelque sorte, de fluctuations électriques qui remontent dans les fils téléphoniques et se traduisent au téléphone par des bruits étranges, assez intenses pour gêner sérieusement et même pour empêcher les transmissions téléphoniques. Le seul moyen qui permette de supprimer complètement ces inconvénients consiste à reconstruire les réseaux téléphoniques actuels en donnant deux fils à la ligne de chaque abonné, de manière à la rendre indépendante de la terre. Ce moyen coûterait naturellement assez cher.

Il existe heureusement une autre solution plus économique, mais contre laquelle on a fait des objections assez sérieuses. Cette solution consiste à remplacer pour tous les fils d'une même artère téléphonique le retour du courant par la terre par le retour au travers d'un seul fil spécial, de fort diamètre, et qui servira de fil de retour commun à tous les abonnés desservis par cette artère. Les objections que l'on fait à cette solution peuvent être énumérées comme suit: Lorsqu'un abonné appellera la station centrale, ou lorsqu'il causera, son appel ou sa conversation ne seront pas seulement perçus sur son fil, mais sur tous les fils voisins utilisant le même fil de retour commun.

Le résultat des calculs théoriques de M. Palaz montre que ces

craintes ne sont pas fondées; dans la transmission des courants téléphoniques, il faut en effet tenir compte du caractère ondulatoire de ces courants et de la rapidité de leurs ondulations. Il en résulte que la répartition du courant sur le fil de retour commun et sur les autres fils de l'artère se fait d'une tout autre manière que si le courant était continu et constant. En se plaçant dans les conditions ordinaires correspondant à la réalité, M. Palaz trouve, par exemple, que le courant téléphonique qu'un fil voisin reçoit, est quinze mille fois plus faible que celui qui correspond à une conversation ordinaire, le son produit par ce courant est donc aussi quinze mille fois plus petit, ce qui revient à dire qu'il est absolument imperceptible.

Le calcul mathématique amène donc M. Palaz à la conclusion que la construction des lignes téléphoniques à fil de retour commun est réalisable pratiquement; or, une artère d'une longueur d'un kilomètre comprenant cent fils, exigerait une dépense d'au moins 20,000 à 30,000 fr. pour être transformée dans le système à double fil, sans compter que les appareils de la station centrale devraient être modifiés. La transformation de l'artère à l'aide du fil de retour commun ne reviendrait pas à plus de 1000 fr. et donnerait des résultats à peu près aussi satisfaisants. En terminant, M. Palaz exprime l'espoir de pouvoir faire bientôt quelques expériences pour vérifier expérimentalement les formules auxquelles il est parvenu.

M. F.-A. Forel présente un cas remarquable de fasciation d'un rameau de frêne trouvé dans une haie par M. Louis Bauverd, propriétaire, à Vullierens sur Morges. Le rameau, pousse de l'année, qui s'étale en lame légèrement voilée, mesure 54 centimètres de long sur 10 centimètres de large; il porte près de 180 bourgeons avortés. Cet échantillon est offert au Musée cantonal vaudois.

M. Forel expose et démontre la règle arithmétique de répartition proportionnelle de choses indivisibles (règle de d'Houdt), applicable entre autres à l'élection de députés au parlement, groupés sur diverses listes concurrentes.

M. Forel cite une observation de M. Maupas, d'Alger, qui a constaté la fréquence de la reproduction par division d'une espèce d'infusoire, du genre *Stylonichia*. Il y a 5 dédoublements par jour, soit 150 à la fin d'un mois. Au bout d'un mois, les descendants de la 150^{me} génération, s'ils venaient tous à bien, seraient exprimés par un nombre suivi de 44 zéros.

Que signifie un tel nombre? Pour l'apprécier, invitons la population entière de la terre, soit 1400 millions d'hommes, à travailler pendant mille milliards de siècles, en comptant à chaque seconde de temps mille milliards d'infusoires, il s'en faudrait encore de quelques zéros qu'ils arrivassent à bout de l'ouvrage. C'est un chiffre innombrable.

M. Maupas en fait une évaluation plus tangible en calculant que le volume total des descendants de la 150^e génération formerait un cube mesurant un million de fois le volume du soleil. L'infusoire en question a une longueur de un cinquième de millimètre environ.

M. Forel fait remarquer que plus ou moins tous les êtres infiniment petits sont susceptibles d'une reproduction aussi rapide. Les Bactéries, qui se divisent au bout d'une heure de vie, donneraient des chiffres encore bien plus considérables.

Comment la terre, le ciel et l'eau ne sont-ils pas envahis par ces pullulations effrénées? Il suffit qu'à chaque génération la moitié des descendants soient mangés ou tués avant d'arriver à reproduction pour que l'espèce ne s'accroisse pas au-delà de ses limites actuelles.

SÉANCE DU 17 AVRIL 1889.

Présidence de M. le prof. CHUARD, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président proclame M. M. Decoppet membre de la Société, puis il fait part d'une invitation de la Société géologique de France à assister à son congrès de Paris.

M. R. GUIGAN demande, au nom de M. Dutoit, président du C. A. S., que la Société fasse coïncider son assemblée générale du mois de juin avec l'inauguration de l'inscription d'Eugène Rambert à Pont-de-Nant.

M. le président fait remarquer que l'assemblée générale doit avoir lieu cette année à Lausanne et qu'il serait difficile de la déplacer. Le Comité, néanmoins, étudiera la question dans sa prochaine séance et donnera son préavis à ce sujet.

Communications scientifiques.

M. N. Lœwenthal fait une communication sur la spermatogénèse chez l'oxycure du lapin. L'évolution des zoospermes comprend trois ordres principaux de cellules. Ce sont : 1. Les cellules-mères ; 2. Les spermatocytoblastes. 3. Les spermatocytes. Les spermatocytoblastes se présentent sous deux formes distinctes : a) La forme jeune ; b) la forme adulte. Les spermatocytoblastes jeunes sont des cellules nucléées très petites, les plus petites du testicule, de forme allongée, ayant environ 0mm.006-0mm.008 de longueur sur 0mm.003-0mm.004 de largeur. Lorsque ces cellules passent à l'état adulte, l'ancien noyau s'entoure d'un espace nucléaire volumineux, nouvellement différencié du corps de la cellule. Le protoplasme proprement dit est réduit à une couche marginale étroite. Les cellules ont de 0mm.012-0mm.015 de diamètre. Elles se divisent ensuite d'après le mode de segmentation karyokinétique. Les corpuscules centraux (van Beneden) des figures stellaires achromatiques apparaissent, non pas au niveau de la limite de l'ancien noyau, mais à la limite de l'espace nucléaire nouveau et du protoplasme. Trois anses chromatiques se forment. Les cellules filles, ou spermatocytes, se présentent également sous deux formes distinctes : a) La forme jeune ; b) la forme adulte. Les spermatocytes jeunes, conjugués par deux, ont de 0mm.006 à 0mm.085 de diamètre. Dans chacune de ces cellules, on reconnaît un corpuscule hyalin faisant saillie au dehors, et qui n'est autre chose qu'un des corpuscules centraux, augmentés de volume, des anciennes figures stellaires achromatiques. Les

éléments chromatiques dérivés de la division précédente s'accolent et touchent à la base du dit corpuscule hyalin. Dans les stades ultérieurs, on reconnaît à la place des éléments précédents, une petite calotte formée d'une substance homogène et réfringente. L'espace nucléaire des spermatocytes se détache par son apparence plus claire. Le rachis est réduit à un filament très délié. Plusieurs corpuscules nucléiformes apparaissent, ensuite, dans l'espace nucléaire, se fusionnent et constituent un corps globuleux, luisant, de 0mm.005 environ de diamètre, que l'on peut désigner sous le nom de pseudonucleus. Ce corps se dégage, plus tard, de l'espace nucléaire qui diminue de volume et prend la forme d'un cône dont la base touche au pseudonucleus. On ne distingue plus la calotte polaire. De très petits corpuscules globuleux sont dispersés entre les spermatocytes, étant souvent accolés au sommet de ces derniers. Ils ont maintenant 0mm.012-0mm.014 de long et environ 0mm.009 de large au niveau de la base. Les spermatocytes ainsi conformés se transforment directement en zoospermes. Le cône central et le protoplasme fournissent la partie céphalique; le pseudonucleus, la partie caudale du zoosperme. Au niveau du sommet du cône central apparaît un corpuscule, très petit au début, qui augmente de volume et constitue le noyau de la partie céphalique du zoosperme. Ce noyau ne se colore que faiblement dans les solutions carminées et ne contient ni nucléoles ni filaments chromatiques. Le pseudonucleus s'allonge et se transforme en un appendice caudal étroit, deux à trois fois plus long que la partie céphalique et effilé en pointe. Il arrive aussi que le cou de la portion caudale constitue une véritable pièce intermédiaire dans laquelle s'est concentrée la substance réfringente de l'ancien pseudonucleus. Les zoospermes sont formés, dans ces cas, de trois pièces distinctes, qui sont: a) La tête; elle est globuleuse et contient le nucleus; b) le segment intermédiaire; il se distingue par son apparence vitreuse; c) le prolongement caudal ou la queue; de longueur un peu variable. Des zoospermes ainsi conformés se trouvent non-seulement dans les voies génitales mâles, mais aussi dans les voies génitales femelles et notamment dans le réceptacle séminal. Le dernier segment du tube générateur mâle contient des globules luisants, de volume assez variable.

M. le prof. **Martinet** fait circuler une série de photographies intéressantes, représentant les pâturages des Alpes et du Jura, ainsi que différents sujets d'économie alpestre.

M. **Jean Dufour** présente quelques rameaux de saule et de sapin atteints de *fasciation*, soit d'un aplatissement anormal de l'axe. Il montre que certains caractères se retrouvent presque toujours dans ce genre de monstruosité: ainsi le développement exagéré des bourgeons, qui apparaissent en nombre considérable sur les faces du rameau aplati. La fasciation de frêne présentée par M. Forrel dans la précédente séance avait également près de 190 bourgeons. Un autre caractère consiste dans la disposition irrégulière des bourgeons et des feuilles sur les rameaux aplatis. Ils sont souvent rassemblés sur certains points, au lieu d'être arrangés en spirale.

Les fasciations ne proviennent pas de *soudures* de plusieurs rameaux, comme on le croyait autrefois. Il suffit de couper transver-

salement les branches aplaties pour voir qu'elles ont une seule moelle et un seul corps ligneux, tous deux allongés suivant un certain diamètre. L'origine de la monstruosité doit être cherchée évidemment dans un aplatissement anormal du cône végétatif qui a donné naissance à la branche. Mais il est très difficile de s'en assurer, car lorsque la fasciation est formée et devenue visible, ce cône végétatif n'existe plus.

On attribue généralement la cause première de ces phénomènes à un afflux exagéré de substances nutritives et d'eau. Cela ne constitue pas une explication bien positive. Il arrive très souvent que des plantes ont trop d'eau et de matières salines à leur disposition, et cependant les fasciations sont relativement rares.

SÉANCE DU 1^{er} MAI 1889.

Présidence de M. le prof. CHUARD, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président fait part à la Société de la perte qu'elle a faite en la personne de M. Eugène-Louis-Henri *Bischoff*, ancien professeur à l'Académie de Lausanne. L'assemblée se lève en signe de sympathie.

M. *Chuard* présente, au nom du comité, un préavis négatif à la demande du président du C. A. S. tendant à déplacer notre assemblée générale de Lausanne pour la faire coïncider avec l'inauguration de l'inscription d'Eug. Rambert à Pont-de-Nant. Après votation, la Société adopte le préavis du comité. Le comité a décidé néanmoins de se faire représenter à cette cérémonie et M. le prof. F.-A. *Forel* a bien voulu se charger de cette fonction.

M. le président offre, au nom de M. E. *Reclus*, le 14^e vol. (Océanie) de la Géographie universelle pour la bibliothèque de la Société.

Communications scientifiques.

M. L. *Gauthier*, prof., donne le résumé des observations météorologiques faites aux stations de la Vallée de Joux, en 1888.

M. F.-A. *Forel*, en se rapportant à la description du filet pélagique qu'il a donnée dans la séance du 4 juillet 1888, indique le manuel opératoire qui permet de laver complètement, rapidement et avec très peu de liquide, les toiles mobiles de son filet. Grâce à ces dispositions, on pourra désormais facilement faire des études quantitatives sur les organismes pélagiques des lacs.

M. *Müller* présente le résumé d'un mémoire sur les vents du Nord dans la Suisse occidentale. Il montre d'abord, par des chiffres, une très forte prédominance de ces vents dans la Suisse occidentale sur ceux de la Suisse orientale. Pour arriver à une explication satisfaisante de ce phénomène, M. Muller distingue deux sortes de

vents : les *vents locaux*, qui ne soufflent ordinairement qu'avec une faible intensité et seulement pendant une partie de la journée, et les *vents généraux*, du nord, qui se produisent chaque fois qu'une perturbation atmosphérique intense a lieu sur certaines parties de l'Europe.

Les vents locaux sont très fréquents dans toute la Suisse occidentale, surtout dans le bassin du lac Léman. Pendant la partie chaude de la journée, il se produit un courant ascendant (brise du lac) et, pendant la partie froide, un courant descendant (brise de terre). On croyait généralement jusqu'ici que ces vents locaux doivent leur naissance à l'influence du lac, mais M. Müller croit pouvoir démontrer qu'ils sont dus à l'influence des montagnes avoisinantes. Il se base surtout sur le fait que les mêmes vents locaux sont observés sur beaucoup d'autres points de la Suisse où il n'existe pas de lac, ainsi que sur les pentes de montagne bien ensoleillées. Il fait remarquer qu'au lac de Constance, dont le bassin est presque aussi grand que celui du Léman, on n'observe que de très faibles traces de vents aquatiques.

M. Müller n'admet pas la théorie d'après laquelle les vents venant de la Suisse centrale sont transformés dans la Suisse occidentale en vents du nord (bise) et sont renforcés par le détroit formé par le Jura et les Alpes, près de Genève. Il démontre qu'à Genève les vents du nord ne sont ni plus fréquents ni plus forts qu'à Neuchâtel et à Lyon. Il explique encore la fréquence des vents du nord dans la Suisse occidentale en partie par sa situation orographique, en partie par l'existence de nombreuses dépressions secondaires sur le nord-ouest de la Méditerranée. La Suisse orientale est peu favorable aux vents du nord : la large vallée formée par le Jura et les Alpes est entrecoupée par de nombreuses collines, elle est traversée presque perpendiculairement par la ligne des courants septentrionaux. La Suisse occidentale, au contraire, est très bien située pour ressentir les vents du nord, l'axe de la vaste plaine entre les Alpes et le Jura étant à peu près parallèle au méridien. Les courants septentrionaux peuvent entrer librement par le nord et trouvent une issue facile par la vallée du Rhône.

M. Müller prouve, par des cartes des isobares moyennes publiées récemment par M. le prof. Hann, à Vienne, l'existence des dépressions mentionnées plus haut sur le nord-ouest de la Méditerranée. Celles-ci donnent naissance au Mistral des Bouches du Rhône et dans la vallée du Rhône aux vents du nord, beaucoup plus fréquents que dans la Suisse occidentale. La Suisse occidentale est donc soumise à l'influence de ces dépressions, tandis qu'elles n'agissent plus dans la Suisse orientale qui en est entièrement séparée par les hautes Alpes. C'est surtout à cause de cela qu'on observe si souvent de forts vents du nord dans la Suisse occidentale, tandis que dans la Suisse orientale règnent plutôt les vents de l'ouest et du sud.

Dans la discussion qui suit la communication de M. Müller, M. F.-A. FOREL n'accepte pas l'opinion qui dénie toute action au lac Léman pour la production des brises locales, il cherche à montrer qu'à Morges, en particulier, où ces brises sont à leur maximum de développement et où elles sont connues sous le nom de *Morget*, brise de terre, et *Rebat*, brise du lac, elles ont exactement les mé-

mes caractères que les brises analogues à double interversion diurne des bords de la mer.

M. MULLER déclare avoir puisé ses renseignements sur Morges dans les annales de la station centrale de l'année 1864, seules observations publiées pour cette ville. Il ajoute que celles-ci ne signalent pas les courants si prononcés décrits par M. Forel. On pourrait expliquer la chose par la mauvaise construction des girouettes, ordinairement trop lourdes et partant trop paresseuses.

M. le prof. H. DUFOUR fait observer que les vents de montagne et les vents du lac ont la même origine et présentent la même allure. Il croit que l'influence du lac s'ajoute à celle de la montagne et augmente encore l'intensité des courants locaux. Il estime qu'on ne peut pas affirmer que les vents locaux qui soufflent sur les rives du Léman existeraient comme actuellement si le lac n'existait pas.

SÉANCE DU 15 MAI 1889.

Présidence de M. E. CHUARD, prof., président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté après une modification. M. le président rappelle, à ce sujet que les résumés des communications devant paraître dans les procès-verbaux ne doivent pas dépasser une certaine étendue. La limite est une page d'impression du Bulletin.

Communications scientifiques.

M. le prof. **Henri Blanc** présente à la Société un *Petromyzon Planerii* de 14.5 cent. de long, provenant de la Brine, ruisseau qui se jette dans le lac de Neuchâtel, au-dessous de Montagny, et un *Ammocoetes branchialis* de 13.5 de long, pêché dans le Grenet, près du lac de Bret. Il montre les différences remarquables existant entre l'animal et sa larve : Cette dernière, au corps ovoïde dépourvu de pigment, a les nageoires impaires imparfaites, les yeux cachés sous la peau et la bouche en fer à cheval. L'*Ammocoetes* transformé en *Petromyzon* a, au contraire, le corps cylindrique, la peau, du moins sa région dorsale, colorée en vert, les nageoires très apparentes, les yeux faits pour voir et la bouche circulaire.

La petite lamproie, le sucet ou percepierre, comme on l'appelle parfois, est assez rare dans les eaux du canton et elle a été signalée plusieurs fois comme habitant le lac de Neuchâtel ou les eaux qui s'y jettent; elle est très rare dans le bassin du Léman. Voici du reste ce qu'en dit le doyen Bridel dans son « Essai sur le lac Léman » (*Conservateur suisse*, t. V, 1814, amphibies 14) : Petite lamproie (*petromyzon branchiale*), petite percepierre, très rare, à l'embouchure de quelques ruisseaux de la côte de Savoie.

Depuis lors, on ne doit pas l'avoir signalée comme poisson du lac.

M. le prof. **H. Dufour** présente à la Société différents appareils nouveaux, entre autres un *spectro-photomètre* modifié par lui pour

l'étude simultanée des spectres de deux sources lumineuses. Il donne également les premiers résultats d'une étude sur l'*accumulateur Huber*, construit dans la fabrique de *Marly*, près Fribourg, et servant actuellement à l'éclairage électrique de quelques wagons de la S. O.-S.

M. E. Chuard, prof., entretient la Société d'une analyse de sève de vigne (pleurs de vigne). Il signale dans celle-ci la présence de corps nouveaux (asparagine). Voici ses résultats : dans un litre de liquide :

| | | |
|---------------------------------|------------|-------------------|
| Matière solide à 100° | gr. 1.8210 | } pour 1000 c. c. |
| » minérale | » 0.5440 | |
| Azote total | » 0.0145 | |
| Chaux | » 0.1068 | |
| Magnésie | » 0.0181 | |
| Potasse | » 0.0889 | |
| Acide phosphorique | » 0.0486 | |
| » sulfurique | » 0.0071 | |
| Fer | » 0.0000 | |

SÉANCE DU 5 JUIN 1889.

Présidence de M. le prof. E. CHUARD, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président fait part à la Société de la perte qu'elle vient de faire en la personne de M. *Théodore de Meuron*, ancien inspecteur-forestier, à Rolle. L'assemblée se lève en signe de deuil.

M. le président annonce la candidature de M. *Jean Cruchet*, présenté par MM. E. Renevier et H. Dufour, puis il fait part à la Société d'une invitation au Congrès géologique international, à Paris, et à la fête d'inauguration de l'inscription Rambert à Pont-de-Nant.

M. CHUARD a reçu, pour la bibliothèque, une riche collection d'ouvrages de géodésie de M. le colonel Dumur. Le comité lui adressera à ce sujet une lettre de remerciements.

M. Félix Roux nous apprend qu'ensuite de l'inondation du 2 juin, notre Bulletin a été fortement endommagé par les eaux et ne pourra pas, à cause de cela, être présenté à l'assemblée générale du 19 juin. M. Roux propose d'envoyer une circulaire pour expliquer aux sociétés avec lesquelles nous faisons l'échange, le retard de notre publication.

M. F.-A. FOREL croit qu'il faut attendre que nous connaissions le résultat final des dégâts pour faire la chose. Il propose de laisser au comité toute initiative pour prendre les mesures qui lui paraîtront convenables.

Communications scientifiques.

M. F.-A. FOREL présente quelques objets qui lui ont été envoyés par M. Suter-Näef, de Zurich, actuellement à Hastwell, en Nouvelle-Zélande, entre autres :

Un bel échantillon de *Néphrite* noble, provenant de l'île du Sud. M. Forel en a détaché un fragment et l'a taillé sous forme d'une hache polie ; en l'usant sur une meule dormante, d'après les procédés antiques, il a employé pour cette taille plus de 8 heures de travail effectif.

Deux exemplaires d'*Unio*.... dont il fait don au musée de zoologie.

Un échantillon de *sable ferreux tétanifère* de New-Plymouth, dont il fait don au musée de minéralogie.

M. Forel a confirmé, par de nouveaux dragages, l'existence de la *Moraine sous-lacustre d'Yvoire*. La barre qui sépare le Grand-lac et le Petit-lac a été vérifiée par les sondages des ingénieurs suisses et français pour l'établissement de la carte hydrographique du lac ; son point culminant est sur le détroit de Nernier à Promenthoux. Les moraines sous-lacustres qui sont connues par les pêcheurs comme étant d'excellentes frayères des Ombles-chevaliers sont situées notablement plus à l'est, devant le village d'Yvoire.

M. FOREL annonce que le *lever de la carte hydrographique* du Léman vient d'être terminé ; sur les eaux suisses, M. Hörnlimann, du bureau topographique fédéral, a levé en 1888 la partie comprise entre St-Sulpice et Rolle, en 1889 celle de Rolle à Genève ; sur les eaux françaises, M. Delebecque, ingénieur des ponts et chaussées de l'arrondissement de Thonon, assisté de MM. Garcin et Magnin, a fait le même travail en 1887 et 1888.

M. Forel revient sur la discussion soulevée dans la séance du 1^{er} mai par la communication de M. le Dr Julius Müller, de Brugg ; il montre que les brises observées sur le lac Léman, et en particulier à Morges, sont bien des *brises lacustres* et non des brises de montagne. Après avoir exposé la théorie de ces deux types de brises, d'après J. Hann, de Vienne, il se fonde :

Sur la fréquence des brises à Morges, leur intensité et leur durée ;

Sur les conditions défavorables de cette station pour la production de brises de montagne ;

Sur les caractères des brises de Morges, et, en particulier, sur le lieu de leur début qui en fait des vents de refoulement ;

Sur l'heure du début des brises de Morges.

Il expose les faits de la température du lac comparée à celle de la terre ferme, et, considérant l'étendue considérable du bassin aquatique, il affirme qu'il doit avoir une action sur les mouvements locaux de l'atmosphère.

Enfin il signale les brises locales observées dans les autres régions du lac, et qui s'expliquent par le même mécanisme.

M. Jean Dufour présente un pied de *Silene pendula* affecté d'une singulière *monstruosité*. Les pétales et les sépales sont transformés en petites feuilles vertes ; les étamines sont rudimentaires, les ovaires plus ou moins normaux. Dans quelques fleurs, la fécondation a pu s'accomplir, grâce à la conservation des stygmates. Il sera curieux de suivre l'évolution des graines et de voir si elles reproduiront des plantes monstrueuses l'année prochaine.

M. le prof. **L. Favrat** fait circuler un exemplaire de *Cephalaria salicifolia*, nouvelle espèce de plante découverte dans les montagnes du nord de la Syrie.

M. le prof. **E. Renevier** entretient ensuite la Société de son *dernier voyage en Algérie* et donne des indications sur la géologie et la topographie du pays, en accompagnant son exposé d'un grand nombre de photographies. M. Renevier parle aussi de la *formation des dunes* dans le désert et donne des détails intéressants sur la constitution du sol algérien et sur les fossiles qu'il renferme.

M. Henri Dufour, prof., donne quelques renseignements sur *l'orage du 2 juin* qui a causé tant de dégâts à Lausanne et aux environs. D'après les observations faites au Champ-de-l'Air, la quantité d'eau tombée pendant l'orage de 5 h. 10 m. à 6 h. 15 m. s'est élevée à 56^{mm}5, c'est une chute d'une densité absolument exceptionnelle dans nos contrées.

Elle représente la condensation de 84,700 mètres cubes d'eau sur la région comprise entre la gare et le quartier de la Barre et entre la place Chauderon et le Champ-de-l'Air. Les variations de la température ne sont pas moins considérables: le thermomètre marquait en effet à 3 h.: 29°1; à 4 h.: 26°8; à 4 h. 30 m.: 25°2; à 5 h. 15 m.: 13°3; c'est une variation de 11°9 en 45 minutes.

Une grêle abondante a accompagné la chute de pluie; la température de la grêle observée à Lausanne était — 0°6 pendant la chute; les grêlons à Lausanne n'ont pas été de très grandes dimensions, leur poids atteignait environ 0 gr. 5, ils ont été beaucoup plus gros au Mont; M. le prof. Céli en a pesé 11, dont le poids moyen était de 2 gr. 7; ces grêlons, de forme lenticulaire, avaient 26^{mm} de diamètre.

M. DUFOUR signale, à propos de chute de pluie d'une intensité extraordinaire, une observation de M. Gauthier, prof., qui a mesuré, le 23 mai 1889, 37^{mm}5 d'eau tombée en 40 minutes, une chute pareille durant une heure donnerait 56^{mm}3, soit presque la chute du 2 juin.

M. E. CHUARD, prof., a dosé l'acide azotique dans l'eau de pluie recueillie à l'Observatoire du Champ-de-l'Air pendant l'orage du 2 juin, soit de 5 à 6 h. du soir. La quantité trouvée a été de 10.5 milligrammes d'acide azotique anhydre (N₂O₅) par litre d'eau. La pluie recueillie dès 7 h. du soir ne renfermait plus de N₂O₅.

La hauteur d'eau tombée étant de 56.5 millimètres, il en résulte que sur une surface de un mètre carré, la pluie tombée (litres 56.5) renfermait 588 milligr. d'acide azotique. Sur l'hectare, la quantité est de 5 kil. 880 gr., ce qui correspond à 1 kil. 524 gr. d'azote nitrique. La proportion habituelle d'acide azotique dans les eaux de pluie étant de 0.5 à 2 milligr. par litre, la chute du 2 juin peut être considérée comme exceptionnellement riche, eu égard surtout à l'énorme volume d'eau tombée. Si quelques observateurs ont, en effet, déjà constaté une teneur de 10 milligr. et même 16 milligr. d'acide azotique par litre d'eau de pluie (ce dernier chiffre ne paraît pas avoir été dépassé), ces constatations portaient sur des pluies d'orage dont l'abondance n'était pas comparable à celle de la pluie du 2 juin. Celle-ci peut être notée comme l'une des chutes qui ont

entraîné les quantités absolues les plus fortes de combinaisons azotées.

M. le prof. **H. Brunner** a recherché la *synthèse des sulfures doubles des métaux alcalins et des métaux du groupe du fer*, dont on ne connaît jusqu'ici qu'un seul, le sulfure double de fer et de potassium FeS.KK , qu'on obtient par chauffage du fer en poudre avec le carbonate de potassium et le soufre. M. Brunner a réussi à obtenir ces composés en calcinant les oxalates des métaux du groupe du fer avec de l'hyposulfite de sodium.

C'est ainsi qu'il a d'abord obtenu le sulfure double de fer et de sodium, en beaux cristaux prismatiques, rouge bronzé. Puis le sulfure de chrome et de sodium, sous forme d'une masse rouge-brun, qui se dédouble par les acides en chlorure chromique, soufre et hydrogène sulfuré. Enfin les sulfures doubles de manganèse et sodium (verdâtre) et ceux de cobalt et sodium, nickel et sodium, qui constituent des masses cristallines jaunes, à éclats métalliques, facilement oxydables à l'air.

En partie, ces sulfures doubles se forment aussi en calcinant les carbonates alcalins avec le soufre et les oxalates.

Pour le sulfure double de chrome et potassium, M. Brunner a employé l'oxalate double de chrome et potassium. Des analyses quantitatives de ces nouveaux produits sont en voie d'exécution.

Ce travail est une première application d'une méthode synthétique nouvelle, qui repose sur les *formations de combinaisons inorganiques par l'intermédiaire de combinaisons organiques*. Cette méthode a fourni d'autres résultats sur lesquels l'auteur reviendra.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 19 JUIN 1889.

Présidence de M. le prof. CHUARD, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président proclame M. *Jean Cruchet*, fermier, à Jouxteins, membre de la Société, et annonce la candidature de M. *T. Chapuis*, présenté par MM. H. Blanc et Schnetzler. Il renouvelle l'invitation du président du C. A. S. à assister à l'inauguration de l'inscription Rambert à Pont-de-Nant.

M. CHUARD rappelle que la 72^e réunion de la Société helvétique des sciences naturelles aura lieu cette année à Lugano, les 9, 10 et 11 septembre, et invite les personnes qui ont l'intention d'y participer ou de faire partie de la Société à s'inscrire auprès du secrétaire.

M. le président présente ensuite son rapport annuel sur la marche de la Société.

M. le prof. E. RENEVIER lit le rapport de la commission de vérification des comptes, dont les conclusions sont les suivantes :

- 1^o Diminuer le compte-courant à la Banque cantonale ;
- 2^o Porter au compte de la bibliothèque les frais de reliure ;
- 3^o Faire adresser directement au comptable les avis de perception de la Banque cantonale ;

- 4^o Faire des démarches pour obtenir l'exonération des impôts;
- 5^o Enfin, présenter dorénavant aux commissaires-vérificateurs les pièces justificatives et explicatives nécessaires.

La Commission propose d'approuver les comptes pour l'exercice de 1889 et de voter des remerciements au Comité, au comptable et au bibliothécaire pour leur bonne et consciencieuse gestion.

Après quelques explications de M. le président, les conclusions de la Commission de vérification sont adoptées par l'assemblée.

L'ordre du jour amène la nomination de trois membres honoraires pour remplacer MM. Andrews, Martins et Hayden.

M. F.-A. FOREL propose, au nom du Comité, MM. *Elisée Reclus*, *Alexandre Agassiz* et *Fr. Lang*.

Après votation, ces Messieurs sont nommés membres honoraires de la Société vaudoise des sciences naturelles.

Communications scientifiques.

M. le prof. **H. Blanc** fait part à la Société des essais de pisciculture entrepris à la station agricole du Champ-de-l'Air avec des œufs de truite du lac (*Trutta lacustris*). — Le 28 novembre 1888, 3000 œufs fécondés suivant la méthode russe par M. Baum, à la pisciculture de l'Aubonne, étaient mis en incubation dans un appareil Schuster, appelé aussi appareil californien, et alimenté par l'eau du lac de Bret. A partir de ce jour, les œufs, soigneusement couverts, furent maintenus dans une obscurité complète; la température de l'eau fut prise régulièrement et le nombre d'œufs mauvais enlevés soigneusement noté à chaque visite. Le 19 avril 1889 seulement avait lieu l'éclosion générale et le 8 mai les alevins avaient leur vésicule ombilicale résorbée. La température moyenne de l'eau circulant dans l'appareil ayant été de 4^o.8, la durée de l'alevinage a donc été de 160 jours. En comparant ces chiffres avec ceux fournis par divers établissements du canton, il résulte que si l'abaissement de température de l'eau retarde l'éclosion, ce que l'on savait depuis longtemps, l'influence de la lumière sur les embryons en élevage, étudiée déjà par des pisciculteurs émérites, n'est pas suffisamment connue.

A Moudon, avec une température de 2^o.3, l'éclosion a eu lieu au bout de 145 jours.

Au Champ-de-l'Air, avec une température de 4^o.8, l'éclosion a eu lieu au bout de 160 jours. Différence de 15 jours, due à l'élevage opéré dans une obscurité complète.

Or il y a de sérieux avantages à prolonger l'incubation des œufs de truite : 1^o L'éclosion n'ayant lieu qu'au mois d'avril ou de mai, les alevins mis en ruisseau trouveront plus facilement leur nourriture qu'en février ou en mars, époque à laquelle elle a lieu très souvent dans la nature et dans beaucoup d'établissements de pisciculture; 2^o le développement étant ralenti, il est reconnu que les alevins sont plus vigoureux; 3^o il y a peu ou point de monstruosité à signaler. — Eau froide pour alimenter l'appareil à incubation, le maintien de celui-ci dans l'obscurité complète pendant toute la durée de l'élevage, voilà donc les conditions nécessaires pour assurer un sort favorable aux alevins livrés à eux-mêmes.

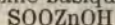
M. **Henri Dufour** signale une observation d'*arc-en-ciel*, faite le 10 juin, par M. *Gérard de Palézieux*; et qui présente plusieurs caractères exceptionnels.

Le phénomène était observé depuis la gare de Rivaz; les deux arcs ordinaires se réfléchissaient en partie dans le lac, très calme, entre Rivaz et Vevey; à côté de ces arcs ordinaires et de leurs images, on voyait encore deux fragments d'arcs exceptionnels, l'un partant de la base de l'arc primaire, traversait obliquement la zone sombre comprise entre les arcs et coupait le second à une certaine hauteur. Cet arc avait la même distribution de couleurs que l'arc intérieur. De la base de l'arc extérieur partait également une branche ascendante, parallèle à la précédente et colorée comme l'arc extérieur; enfin, les images de ces arcs se réfléchissaient aussi dans l'eau.

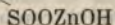
Le phénomène s'explique aisément en supposant que ces arcs exceptionnels sont produits par les rayons solaires réfléchis à la surface très calme du lac. On connaît quelques cas analogues, mais il est rare qu'ils soient aussi nets.

M. le prof. **Brunner** rapporte sur une nouvelle méthode de synthèse organique qui repose sur l'emploi de l'acide hydrosulfureux H_2SO_2 , cet agent réducteur puissant qui jusqu'à présent n'a jamais été employé pour les synthèses organiques. Les résultats obtenus jusqu'à présent sont des plus réjouissants et ouvrent un immense champ d'études.

M. Brunner a fait agir l'acide hydrosulfureux jusqu'à présent sur des nitro-dérivés aromatiques, des aldéhydes, cétones et acides, toujours avec succès. En faisant agir sur le nitrobenzol l'acide hydrosulfureux à l'état naissant, en dissolvant le nitrobenzol dans l'alcool, en saturant par l'acide sulfureux le liquide et en y introduisant de la poussière de zinc, il a obtenu un sel de zinc soluble dans l'alcool, qui cristallise en petits prismes et dégage avec les acides de l'acide sulfureux. Sa formule répond au sel de zinc basique de



l'acide amidobensoldisulfonique : $C_6H_5 - NH_2$



En chauffant ce sel, il se forme une belle matière colorante rouge. Le même acide semble aussi se former en chauffant en tubes scellés à 250° une dissolution alcoolique d'acide sulfureux avec du nitrobenzol.

Guidé par l'idée que, dans les plantes, les réductions se passent en dissolutions acides, M. Brunner a employé l'acide sulfureux pour étudier son action sur les acides gras, tout d'abord :

En faisant agir l'acide sulfureux (dissolution aqueuse saturée), mélangé de 10 % d'acide formique, sur la poussière de zinc, et en filtrant et laissant cristalliser, il se forme un sel de zinc qui, avec les acides aqueux, dégage de l'hydrogène sulfuré et de l'acide sulfureux; avec l'acide sulfurique concentré les mêmes gaz et ensuite de l'aldéhyde formique. Ce dernier corps semble encore exister comme tel, car la combinaison réduit le sublimé corrosif en calomel, le nitrate d'argent en argent métallique et forme avec le perchlorure de fer un liquide rouge.

Une partie de l'acide formique semble se transformer en acide tartrique. Un phénomène caractéristique s'est présenté en voulant déterminer le soufre : Après avoir fondu la substance avec du nitre et de la soude, le chlorure de baryum ne donne pas de précipité de sulfate de baryum ; lorsqu'on ajoute ensuite du nitroprussiate de sodium, il se produit une superbe couleur jaune de chrome et au bout de quelque temps un précipité blanc cristallin. Calciné avec du sodium métallique, la même réaction se produit, tandis que lorsqu'on chauffe le sel de zinc sur une lame d'argent avec de la potasse caustique, il se forme du sulfure d'argent. Cette réaction particulière est d'autant plus remarquable que le sel homologue obtenu par action de l'acide hydrosulfureux sur l'acide acétique et qui cristallise en cristaux prismatiques, présente toutes les réactions du soufre.

M. Brunner se réserve d'étudier ce domaine et de chercher l'effet de l'acide hydrosulfureux sur les acides gras, les acides des fruits, les alcools, aldéhydes et cétones, ainsi que sur les sucres et autres hydrates de carbone et sur d'autres dérivés aromatiques (nitro et nitroso-dérivés, alcools, acides).

M. Brunner fait ensuite remarquer que l'aldéhyde et l'acétone réagissent déjà en dissolution aqueuse et à la température ordinaire avec l'acide sulfureux. — Il se réserve aussi ce domaine.

M. le prof. **Renevier** donne lecture de quelques extraits de sa notice biographique sur *Philippe de la Harpe*. (Voir aux mémoires.)

M. **L. Gauthier** entretient la Société de la température moyenne de la vallée de Joux, en comparant ses observations avec celles de M. Antoine Lecoultré, faites de 1864 à 1866. Il donne des détails sur la foliaison du marronnier, le retour des hirondelles et des alouettes, la complète disparition des glaces sur le lac de Joux, etc. (Voir aux mémoires.)

M. le prof. **L. Favrat** présente quelques hybrides nouveaux, ainsi que d'autres plantes curieuses du canton. (Voir son mémoire.)

M. **F. Roux** présente à la Société une *représentation clastique des coupes du bœuf de boucherie* d'après la méthode fixée par les bouchers de Paris et admise en Suisse, à quelques détails près. Ce modèle, destiné à rendre des services, comme moyen d'enseignement, dans des établissements divers (écoles d'agriculture, écoles commerciales, écoles vétérinaires, etc.), se compose de 17 pièces soigneusement peintes. Le démontage et le remontage sont faciles et les morceaux peuvent être présentés séparément.

Ce travail, qui a pris près de six mois, a été exécuté sous sa direction, à l'école industrielle cantonale, par M. *Jean Engel*, ancien élève des écoles d'art de Genève.

M. **Golliez** présente à la Société de remarquables exemplaires de tortues fossiles trouvées dans le langhien de la Borde.

Il y a près d'un an que M. Golliez avait eu l'occasion d'entretenir notre Société d'un échantillon superbe, on peut dire unique, d'une *Cistude* trouvée dans les fouilles de la mollasse, en face des abattoirs. Habilement restaurée par M. Lugeon, cette *Cistude* constituait une espèce nouvelle, que M. Golliez a appelée *C. Portisi*.

Dès lors, un heureux hasard a fait découvrir quelques nouveaux

exemplaires de tortues dans le même gisement. Deux ont été remises à M. le Dr Kunz par les ouvriers, deux autres à M. Lugeon. L'une de ces quatre est en fort mauvais état; les trois autres, après une longue et pénible restauration, sont de beaux échantillons.

Un exemplaire se rapporte au *C. Portisi* et vient ainsi corroborer la nouvelle espèce créée par M. Golliez, et comme on a affaire ici à un exemplaire jeune, montrant ses sutures osseuses, la description des caractères pourra être complète. M. Golliez ajoute que l'étude des dites pièces osseuses le confirme dans sa précédente appréciation. Un second exemplaire se rapporte à la *Cistudo Razoumowski* (Pictet et Humbert). Comme le seul exemplaire connu jusqu'ici de cette espèce, et déposé dans notre musée, est très incomplet, la nouvelle trouvaille vient admirablement compléter nos renseignements.

Enfin le troisième échantillon paraît être encore une espèce nouvelle, tant par ses formes générales que par ses pièces diverses, osseuses et cutanées. M. Golliez se réserve d'y revenir dans une plus ample étude et avec plus de documents. C'est également une *Cistude*, dont l'ensemble rappelle un peu l'*Emys Laharpi*, mais avec une autre disposition des pièces osseuses; avec des pièces costales plus étroites et plus longues, ce qui donne une carapace plus bombée.

Il ne sera pas sans utilité de remarquer que ces tortues ont toutes été trouvées dans un banc dépourvu d'autres fossiles et surtout de plantes. Les conclusions qu'on en peut tirer ne sont pas sans importance.

M. F.-A. Forel décrit les eaux troubles, légèrement opalines, bleuâtres, qui apparaissent sur la côte nord du lac Léman, entre Ouchy et Morges, sur une largeur de un ou deux kilomètres, parallèle à la rive, quand en été il souffle une brise intense et prolongée. Il les attribue au mélange avec les eaux troubles du Rhône, qui se répandent normalement dans les couches inférieures et moyennes du lac, suivant leur température et leur charge d'alluvion impalpable, et qui sont amenées à la surface par le courant ascendant qui, à la côte sur le vent, réunit le courant profond de retour avec le courant de surface causé par les frottements du vent sur le lac.

SÉANCE DU 3 JUILLET 1889.

Présidence de M. E. CHUARD, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président proclame M. Th. Chappuis membre de la Société. Il engage ensuite les membres qui se proposent d'assister à l'assemblée de la Société helvétique des Sciences naturelles, à Lugano, à s'inscrire auprès du secrétaire.

M. F.-A. FOREL, délégué de la Société à l'inauguration du monument Rambert, à Pont-de-Nant, rend compte de sa mission. Il insiste particulièrement sur la part importante qui a été faite à la Société vaudoise des Sciences naturelles dans le discours du président du S. A. C.

Communications scientifiques.

M. F.-A. Forel montre une Lithosie (*Phalera bucephala*) qui offre un cas remarquable de mimique. Le papillon, avec les ailes enroulées autour du corps, simule d'une manière frappante un morceau d'un rameau desséché de tilleul.

Au nom de M. le colonel Ed. Monod, de Morges, M. FOREL résume une étude de la couleur des eaux de la mer de Marmara, du Bosphore et de l'Adriatique près de Trieste et Venise.

Exprimée d'après l'échelle de couleurs F.-A. Forel, la couleur de ces mers est du n° 10 de la gamme (la même nuance que les eaux du lac Léman).

Au nom de M. le Dr Montfort, de Morges, actuellement à Mendoza, M. FOREL donne des détails sur l'état de grande agitation sismique de cette province de la République Argentine. Il décrit aussi l'aspect singulier des glaciers de la Cordillère, glaciers recouverts de colonnes de glace (probablement analogues à celles de certaines parties du glacier de l'Unter-Aar, où les tables de glace sont très nombreuses) et séparées par des sillons méandriques dans lesquels les eaux circulent, et qui les font nommer par les indigènes les champs de pèlerins.

M. Guillemin, ingénieur : *Des changements de climat.*

Pendant la période carbonifère, l'orbite terrestre était encore plongée au sein des nébulosités cosmiques, dont nous avons parlé à propos de l'Origine des comètes. Les poussières intérieures à l'orbite atténuaient sans doute la chaleur et tamisaient la lumière du soleil, tandis que les parties extérieures, plus importantes, entraient le rayonnement et réfléchissaient la chaleur. On conçoit que la température fût uniforme sur toute la surface du globe.

Dans ces temps reculés, la lumière était diffuse, le climat d'autant plus chaud et plus humide que la chaleur interne se faisait peut-être sentir encore au travers de l'écorce terrestre et tiédissait l'eau des mers (M. de Lapparent n'admet cependant pas cette hypothèse). Quoi qu'il en soit, les végétaux de cette époque correspondent aux espèces qui croissent aujourd'hui à l'humidité et à l'ombre.

Le climat fut ensuite modifié, les nébulosités intérieures à l'orbite s'étant en grande partie condensées, le soleil brilla de tout son éclat; puis, sous l'influence de la lumière, les plantes vertes apparurent et se développèrent. Les nébulosités extérieures continuant à protéger la terre contre le rayonnement, le climat resta chaud et uniforme à toutes les latitudes pendant l'Ere secondaire.

Peu à peu, l'anneau de poussières cosmiques perdit de son importance et la température s'abaissa successivement; on reconnaît que le climat commença à être divisé par zones, à la fin du crétacé ou au commencement du tertiaire. Pendant la période miocène, la température moyenne était encore de 18° à 20° degrés sur le plateau suisse et de 9° à 10° vers le 58° ou 59° degré de latitude (Oswald Heer). Les forêts de conifères prospéraient au Spitzberg, aujourd'hui recouvert de glaces.

Enfin, la nébulosité, que nous supposons de forme elliptique, ar-

riva, en se condensant, à être intérieure à l'orbite terrestre, du moins pendant une partie de l'année. La chaleur solaire étant interceptée, le rayonnement vers les espaces célestes n'étant plus gêné en rien, la température s'abaissa si rapidement, que les mam-mouths qui paissaient dans les plaines de Sibérie, surpris par les neiges, furent ensevelis vivants et conservés jusqu'à nos jours avec leur chair et leurs poils (fait remarquable et unique dans l'histoire des fossiles). Ce fut alors l'époque glaciaire dont on a reconnu les traces, non-seulement en Europe, mais aussi en Asie, en Amérique et dans la Nouvelle-Zélande.

L'anneau de poussières cosmiques, absorbé peu à peu par l'astre central, finit par se dissiper. La chaleur solaire parvint de nouveau sans entrave jusqu'à notre planète, et la température se releva. En conséquence, les glaciers du plateau suisse et du nord de l'Europe se retirèrent; mais le rayonnement calorifique dans l'espace se faisant aussi sans obstacle, le climat, bien différent de celui des temps primitifs, resta naturellement divisé par zones, comme il l'est aujourd'hui.

Les poussières cosmiques dont nous venons de parler n'ont toutefois pas complètement disparu, car le vaste anneau elliptique, désigné sous le nom de *lumière zodiacale*, anneau qui s'étend au-delà de l'orbite terrestre, pourrait bien être un dernier débris de ces anciennes poussières et exercer une certaine influence sur le climat.

La lumière zodiacale, qu'on supposait primitivement dans le plan de l'équateur et qu'on a placée ensuite dans le plan de l'écliptique, en diffère peut-être quelque peu, sinon elle donnerait lieu, deux fois par année, à une pluie d'étoiles filantes.

Supposons qu'au printemps la lumière zodiacale soit interposée entre le soleil et la terre, on éprouve alors un abaissement momentané de température, d'où résultent ces gelées d'avril ou de mai, si redoutées de l'agriculteur. Puis, environ six mois après, soit ordinairement en novembre, la lumière zodiacale extérieure à l'orbite nous protège alors du rayonnement, la température s'adoucit, et l'on jouit de l'été de la *Saint-Martin*.

Si cette hypothèse est vraie (on pourra d'ailleurs la vérifier par une série d'observations), l'été de la *Saint-Martin* serait en corrélation avec les *saints de glace*, il en serait le complément.

En 1888, le mois de mai a été remarquablement chaud, malgré l'abondance de la neige, qui, au commencement, recouvrait les montagnes et fondit rapidement; ce n'est guère qu'en juin et même en juillet qu'on éprouva un abaissement anormal de température. Six mois après, soit en décembre, la température fut exceptionnellement douce, car il n'a gelé, ni neigé une seule fois à Lausanne pendant ce mois. Les premières neiges ont seulement commencé à tomber vers le milieu de janvier; l'hiver n'est décidément devenu rigoureux qu'en février.

Cette distribution de la température paraît d'ailleurs avoir été assez générale et s'être étendue sur une bonne partie de l'Europe.

Comme conséquence de ce qui a été exposé ci-dessus, il est permis de supposer que les débris de comètes qui se résolvent en essaims ou en traînées elliptiques de corpuscules ne sont pas sans influence sur le climat. Suivant les positions relatives de la terre, du soleil et des essaims, ceux-ci peuvent réagir en plus ou en moins sur la température de notre planète.

M. le Dr H. Schardt présente une série de photographies et de dessins d'échantillons typiques de la roche salifère de Bex et d'une brèche à fragments de calcaire magnésien, liés par de l'anhydrite cristalline blanche et qui apparaît, comme la roche salifère, dans l'intérieur des grands massifs d'anhydrite compacte qui forment les montagnes des environs de Bex. Il ressort de ces photographies que la roche salifère est une véritable brèche, résultant, selon l'opinion de M. Schardt, de la fragmentation de strates successives et répétées de calcaires dolomitiques, argillite grise et verdâtre, anhydrite et sel gemme. Les premières roches, réduites en débris pendant la dislocation, se trouvent maintenant liées par de l'anhydrite cristalline et du sel gemme, sous forme d'une brèche remplissant de grands espaces lenticulaires entre les assises presque verticales de l'anhydrite. La grande masse de cette brèche est sans aucune stratification, mais M. Schardt montre des photographies d'échantillons, dans lesquels on voit encore distinctement des vestiges de la stratification primitive. Il fait voir d'autre part des *galets striés*, témoins de l'intensité des mouvements intérieurs qu'a subi cette roche.

La brèche anhydritique à fragments de calcaire magnésien gris et noir est visiblement une brèche de dislocation, les photographies présentées ne laissent pas subsister de doutes. Elle résulte de la fragmentation de lentilles de calcaire dolomitique au milieu de lits d'anhydrite; cette dernière roche a dû se comporter pendant la dislocation du sol comme un terrain plastique. Les lits de calcaire dolomitique sont en effet toujours fragmentés au milieu des strates contournées de l'anhydrite.

Ces recherches, accompagnées d'une description géologique détaillée des mines et de la région salifère de Bex, feront partie d'un rapport technique et géologique qu'une commission, nommée par le Conseil d'Etat, devra bientôt présenter à cette autorité.

LIVRES REÇUS

du 8 novembre 1888 au 20 novembre 1889.

I. Echanges.

(Pendant la période ci-dessus, quand le titre des publications est suivi de chiffres.)

Allemagne.

- BERLIN. Deutsch. geolog. Gesellschaft. Zeitschrift, XL, 2-4; XLI, 1. Verhandlungen.
- Physikal. Gesellschaft. Fortschritte der Physik. Verhandlungen, 1888.
 - Königl. preuss. Akad. der Wissensch. Sitzungsberichte, 1888, 38-52; 1889, 1-38.
 - Königl. preuss. meteorol. Institut. Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen in Deutschland. Jahrg. 1887. — Deutsch-meteorol. Jahrbuch 1889, I. Instruction für die Beobachter an den meteorol. Stationen, II-IV.
 - Gesellschaft für Erdkunde. Verhandlungen, I-XV; XVI, 1-8. Zeitschrift, XXIII, XXIV, 1-4. Mittheilungen der Afrik. Gesellsch., I-IV; V, 1-3. Mitth. Deutsch. Schutzgeb., II, 2-4.
 - Königl. preuss. geolog. Landesanstalt und Bergakademie. Jahrbuch, 1886.
 - Botanischer Verein für die Provinz Brandenburg. Verhandlungen, XXX.
- BONN. Naturhist. Verein der preuss. Rheinlande. Verhandlungen, XLV, 2; XLVI, 1.
- BRAUNSCHWEIG. Verein für Naturwissensch. Jahresbericht.
- BREMEN. Naturwiss. Verein. Abhandlung, X, 3.
- CARLSRUHE. Naturwiss. Verein. Verhandlungen.
- CASSEL. Verein für Naturkunde. Berichte, 34-35.
- CHEMNITZ. Naturw. Gesellsch. Bericht.
- COLMAR. Soc. d'hist. natur. Bulletin.
- DARMSTADT. Verein für Erdkunde. Notizblatt, IX.
- DRESDEN. Naturwiss. Gesellsch. Isis. Sitzungs-Berichte, 1888, Juli-Dez.; 1889, Jan.-Juni.
- DÜRCKEIM. Pollichia. Naturw. Ver. der baier. Pfalz. Jahresber.
- ELBERFELD. Naturwiss. Verein. Jahresberichte.

- ERLANGEN. Physik.-Medicin. Societät. Sitzungsberichte, 20tes Heft.
- FRANKFURT a. M. Senckenberg. naturf. Gesellsch. Bericht.
- FRANKFURT a. O. Naturwissensch. Verein des Regierungsbezirkes.
Monatliche Mittheilungen, VI, 4-12; VII, 1-5.
— Societatum Litteræ, II, 6-12; III, 1-6.
- FREIBURG i. B. Naturf. Gesellsch. Berichte, III, IV.
- GIESSEN. Oberhessische Gesellsch. für Natur- und Heilkunde. Berichte, 26.
- GREIFSWALD. Naturw. Verein von Neu-Vorpommern und Rügen.
Mittheilungen, Jahrg. 20.
— Geograph. Gesellsch. Jahresbericht, III, 1-2.
- HALLE. Ksl. Leop.-Carol. deutsche Akad. der Naturforscher. Nova Acta : XXXIX, 1, 2, 5; XL, 1, 2, 6, 7, 9; XLI, 1, 2-5; II, 1, 2, 6; XLII, 1, 2; XLIII, 1-3; XLIV, 1, 2, 4; XLV, 2-4; XLVI, 3; XLVII, 1, 3, 4; XLVIII, 1-2; XLIX, 2-4; L, 1-4; LI, 1, 3, 4; LII, 4-5. — Prowe, L., Copernicus als Arzt. — Oeberbeck, A., Ueber die zeitlichen Veränderungen des Erdmagnetismus. — Engler, C., Historisch-kritische Studien über das Ozon. — Schreiber, P., Beiträge zur Frage der Reduction von Barometerständen auf ein anderes Niveau. — Penck, Aib., Zur Verpletcherung der Deutschen Alpen. — Zeising, Ad., Der goldene Schnitt. — Schlegel, V., Ueber Entwicklung und Stand der n-dimensionalen Geometrie, mit besonderer Berücksichtigung der Vierdimensionalen. — Schnauss, J., Photographie bei Nacht. — Brauns, D., Problem des Serapeums von Pozzuoli. — Ratzel, Fried., Zur Kritik der sogenannten Schneegrenze.
— Naturw. Verein für Sachsen und Thüringen. Zeitschrift LXI, 1-6; LXII, 1-2.
— Verein für Erdkunde. Mittheilungen, 1888.
- HAMBURG. Verein für naturw. Unterhaltung. Verhandlungen.
— Naturhistorisches Museum. Bericht.
— Deutsche Seewarte. Meteorologische Beobachtungen, Jahrg. X. Monatsbericht, 1888, 3-12. Beiheft, Einleitung. Die Ergebnisse der Wetterprognosen im Jahre 1888. Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen, 1876-1885.
- HANAU. Wetterauische Gesellsch. für Naturk. Jahresb.
- HANNOVER. Naturh. Gesellsch. Jahresbericht.
- HEIDELBERG. Naturh.-medizin. Gesellsch. Verhandlungen, IV, 2-3.
- KIEL. Naturw. Verein für Schleswig-Holstein. Schriften, VII, 2.
- KÖNIGSBERG. Physik.-ökonom. Gesellsch. Schriften, XXIX.
- LANDSHUT. Botanischer Verein. Bericht.
- LEIPZIG. Naturf. Gesellsch. Sitzungsberichte, 13, 14.
— Verein für Erdkunde. Mittheilungen.
— Wiedemann, G. u. E. Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie, 1888, 10-12; 1889, 1-10.
— Carus. Zoologischer Anzeiger, 285; 292-320.
- MAGDEBURG. Naturwissensch. Verein. Jahresbericht und Abhandlungen.

- MANNHEIM. Verein für Naturkunde. Jahresbericht, 52-55.
 MULHOUSE. Société industrielle. Bulletin, oct.-déc.; 1889, janv.-sept.
 Habitations ouvrières.
 MÜNCHEN. Königl. bayer. Akad. der Wissensch. Sitzungsberichte,
 Math.-Physik. Cl. 1889, 1-3.
 — Gesellsch. für Morphologie und Physiologie. Sitzungs-
 berichte, IV, 2-3; V, 1.
 MÜNSTER. Westfälischer-provinzial Verein. Jahresbericht.
 — Zoologische Section des W.-prov. Ver. Jahresber.
 OFFENBACH. Verein für Naturkunde. Berichte.
 OSNABRÜCK. Naturwiss. Verein. Jahres-Berichte, 7.
 REGENSBURG. Naturwiss. Verein. Berichte, I.
 STRASBOURG. Soc. des sc. agric. et arts de la Basse-Alsace. Bulletin
 mensuel, 1888, nov.-déc.; 1889, janv.-juin.
 STUTTGART. Verein für vaterländische Naturk. Jahreshefte.
 WIESBADEN. Verein für Naturk. Jahrbücher, 41, 42.
 WÜRZBURG. Physik.-medizin. Gesellsch. Zeitschrift, XXII; Sitzungs-
 berichte, 1888.
 ZWICKAU. Verein für Naturk. Jahresbericht, 1887, 1888.

Autriche.

- BRÜNN. Naturforsch. Verein. Verhandlungen, XXVI. Bericht der me-
 teor. Commission, 5, 6.
 BUDAPEST. Musée national de Hongrie. Revue, XI, 3-4; XII, 1-3.
 Vezetek.
 — Ungarisch-geolog. Anstalt. Mittheilungen, VIII, 7, 8; Bulletin,
 XVIII, 5-12; XIX, 1-6. — Jahresbericht für 1887: Der Hollo-
 hazaer rhyolith-Kaolin.
 GREZ. Verein der Ärzte. Mittheilungen, XXV.
 — Naturwissensch. Verein. Mittheilungen, 1887.
 INNSBRUCK. Natur.-mediz. Verein. Berichte, XVII.
 KLAGENFURT. Naturhist. Landes-Museum. Jahrbuch, 18. Bericht, 1885.
 Diagramme der magnetischen und meteorologischen Beob-
 achtungen, 1885, 1886.
 KLAUSENBURG. Medic.-Naturwiss. Section des Siebenbürgischen Mu-
 seum Vereins. Orvos-Term. Ertesito, XIII, I, 2-3; II, 3.
 XIV, I, 1; II, 1-2. Abhandlung, 1.
 PRESBURG. Verein für Naturk. Verhandlungen.
 TRIESTE. Società adriatica di sc. naturali. Bollettino, XI.
 — Museo civico di storia naturale. Atti.
 WIEN. K. k. geolog. Reichsanstalt. Jahrbuch, XXXVIII, 4; XXXIX,
 1-2. Verhandlungen, 1888, 13-18; 1889, 1-3, 7-12.
 — K. k. geograph. Gesellsch. Mittheilungen.
 — Oesterreich. Gesellsch. für Meteorologie und deutsche me-
 teor. Gesellsch. Meteorologische Zeitschrift, 1888, Nov.-
 Dez.; 1889, Jan.-Nov.
 — Zoolog.-botan. Gesellsch. Verhandl., XXXVIII, 3-4; XXXIX, 1-2.
 — Verein zur Verbreitung naturw. Kenntnisse. Schriften.
 — K. k. Naturhist. Hofmuseum. Annalen, III, 3; IV, 2, 3.

Belgique.

- BRUXELLES. Académie royale. Bulletin, 13-16. — Annuaire, 1888-1889. — Mémoires, in-4, 47. — Mém. couronnés et des savants étrangers, 49. — Mém. cour. et autres mém., in-8, 40-42. — Bibliographie académique.
- Observatoire royal. Annales astr., V, 3; VI. Annuaire, 1885-1888. Annales météorologiques, II. Bibliographie générale, I, 1.
 - Société malacologique, Annales, XXII. — Procès-verbaux, 1888, janv.-juin.
 - Soc. entomologique. Annales. Procès-verbaux.
 - Soc. royale de botanique. Bulletin, XXVI, 2; XXVII.
 - Soc. géologique. Annales.
 - Soc. belge de microscopie. Procès-verbaux. Annales.
- LUXEMBOURG. Institut royal grand-ducal. Publications. Observations météor.
- Société de botanique. Recueil des mémoires.

Empire britannique.

- ADELAÏDE. Royal society of South Australia. Transactions and Proceedings, X, XI.
- BELFAST. Natur. hist. and philosoph. society. Proceedings, 1887-88.
- BRISTOL. Naturalist's society. Proceedings, VI, 1.
- CALCUTTA. Geological Survey of India. Palæontologia indica, sér. 10, IV, 3; sér. 13, I, 7. Mémoires, in-8, XXIV, 1. Records, XXI, 4; XXII, 1-3. Geology of India, IV.
- DUBLIN. Royal geological society of Ireland. Journal.
- Royal Irish Acad. Transactions, XXIX, 3-11. Proceedings pol. lit.; science, sér. 3, I, 1. Cunningham Memoirs.
 - Royal society. Scient. Proceedings, VI, 3-6. Scient. Transactions, IV, 2-5.
 - University biological Association. Proceedings.
- EDINBURGH. Geolog. society. — Transactions, V, 4.
- Royal society. Proceedings.
 - Laboratory of the royal College of Physicians Report, I.
- KEW. Observatory. Report.
- LONDON. Royal microscop. society. Journal, 1888, 6, 6a; 1889, 1-4.
- Geological society. Quarterly Journal, 176-180.
 - Linnean society. Journal. Zoology, 118-121, 130-132, 136-140. Botany, 152-157; 159-170; 173. Index. Proceed.
 - Royal society. Proceedings, 271-283.
 - Carrington, J.-T. The entomologist, 307-318.
 - Zoological society. Proceedings, 1888, 3-4; 1889, 1-3.
 - Whitaker, W. Geological Record.
- MANCHESTER. Geological society. Transactions, XX, 1-10.
- Literary and philosophical Society. — Memoirs and Proceedings, N. S., I.
- MONTRÉAL. Royal Society of Canada. Proceedings and Transact.

- OTTAWA. Geological and natur. History Survey of Canada. Mappes du Rapport annuel, II. Proceedings and Transactions, VI.
- SIDNEY. Royal society of New-South Wales. Transactions and Proceedings, XXII, 1, 2.
- Australian Museum. Annual Report, 1888.
- TAUNTON. Archeological and natural History. Proceedings, XIV.
- TORONTO. Canadian Institute. Proceedings, VI, 1.
- VICTORIA. Natural History. Prodromus of the zoology, XVI, XVII.

Danemark.

- COPENHAGUE. Académie royale. Bulletin, 1888, 2-3; 1889, 1.
- Naturhistorische Forening. Videnskabelige Meddelelser, 1888.

France.

- ABBEVILLE. Société d'émulation. Bulletins, Mémoires. Bulletin des procès-verbaux.
- ALGER. Association scientifique algérienne. Bulletin.
- Soc. algérienne de climatologie. Bulletin, 1888.
- AMIENS. Société linnéenne du Nord de la France. Bulletin, 187-198. Mémoires.
- ANGERS. Société d'études scientifiques. Bulletin, 16, 17.
- Acad. des sc. et belles-lettres. Mémoires.
- ANNECY. Soc. florimontane. Revue savoisiennne, 1888, 12; 1889, 1-10.
- AUXERRE. Soc. des sc. histor. et natur. de l'Yonne. Bulletin, 42, 1-2.
- BESANÇON. Soc. d'émul. du Doubs. Mémoires, 6^e sér., II, III.
- BÉZIERS. Soc. d'étude des sc. natur. Bulletin.
- BÔNE. Académie d'Hippone. Bulletin, 11, 12, 15, 17, 19; XX, 1-4; XXI, 1-4; XXII, 1-4; XXIII, XXIV, 1888, 1889.
- BORDEAUX. Soc. des sc. hist. et natur. Mémoires, III, 2. Observat. pluviom. et thermom., juin 1886 à mai 1887.
- Soc. linnéenne. Actes, 5^e sér., I.
- CAEN. Soc. linnéenne de Normandie. Bulletin, 4^e sér., II.
- CHAMBÉRY. Acad. des sciences. Mémoires. Documents.
- Société d'histoire naturelle de Savoie, II, 3-4; III, 1-3.
- CHERBOURG. Soc. des sc. natur. Mémoires.
- DAX. Société de Borda. Bulletin, 1888, 4; 1889, 1-3.
- DIJON. Académie. Mémoires, X.
- LA ROCHELLE. Société des sciences naturelles de la Charente inférieure. Annales, XXIV-XXV.
- LE MANS. Soc. d'agric. et des arts de la Sarthe. Bulletin, XXXI, 4; XXXII, 1.
- LILLE. Soc. géologique du Nord. Annales, XV.
- Société des sciences, de l'agriculture et des arts. Mémoires (ne nous parviennent pas depuis 1880).
- Revue biologique du Nord de la France, I, 1-12; II, 1, 2.
- LYON. Acad. des sc., bell.-lett. et arts. Mémoires; Sciences; XXVIII XXIX; Lettres.

- LYON. Soc. d'agricult., d'hist. naturelle et des arts utiles. Annales, IX, X; 6^e sér., I.
 — Lyon scientifique et industriel, 1888, 8-12; 1889, 1-8.
- MONTPELLIER. Revue des sc. naturelles.
- MARSEILLE. Société de statistique. Répertoire des travaux. Comptendu, 41, 2, 3.
 — Société scientifique industrielle. Bulletin, 1888, 2-4. Procès-verbaux.
 — Soc. scientif. Flammarion. Bulletin, 4^e année.
- NANCY. Académie de Stanislas. Mémoires, V, VI.
 — Société des sciences. Bulletin, IX, 22.
- NÎMES. Société d'étude des sciences naturelles. Bulletin, 1887, 4-12; 1888, 1889, 1-9.
- PARIS. Société zoologique. Bulletin, 1888, 7-10; 1889, 1-7.
 — Académie des sciences. Comptes-rendus, CVII, 19-26; CVIII, CIX, 1-20. Tables.
 — Soc. des ingénieurs civils. Mém., 1888, 9-12; 1889, 1-9. Annuaire, 1889. Exposition universelle.
 — Soc. géol. de France. Bulletin, XV, 9; XVI, 6-10. Mémoires, V, 1.
 — Institut national agronomique. Annales.
 — Société minéralogique. Bulletin, XI, 7, 8; XII, 1-7.
 — Jeunes naturalistes. Feuille, 218-229. Catalogue, 4, 5.
 — Soc. d'anthropologie. Bulletin, XI, 3-4. Mémoires, IV, 1.
 — Huberson. Brebissonia.
 — Ecole polytechnique. Journal, 58.
 — Soc. française de physique. Séances, 1888, mars-déc.; 1889, janv.-avril. Résumé des communications. — Mémoires relatifs à la physique, IV.
- PERPIGNAN. Soc. des Pyrénées orientales, XXX.
- REIMS. Soc. d'hist. natur. Bulletin. Proc.-verb.
- ST-DIÉ. Soc. philom. vosgienne. Bulletin, 14.
- SEMUR. Soc. des sc. histor. et natur. Bulletin.
- TOULOUSE. Soc. d'hist. natur. Bulletin, 1888.

Hollande.

- AMSTERDAM. Acad. roy. des sc. Verslagen en Mededeelingen. Naturk., III, IV; Letterk., IV. Procès-verbaux, Jaarboek, 1886, 1887.
 — Société royale de zoologie. Tijdschrift. Bidragen, 14, 15, 1, 2; 16.
- BATAVIA. Magnetical and meteorological observatory.
- HARLEM. Musée Teyler. Archives, III, 3. Catalogue.
 — Soc. hollandaise des sc. Archives, XXIII, 1-5.
- UTRECHT. Institut météorol. des Pays-Bas. Jaarboek, 1879, 2; 1888.

Italie.

- BOLOGNE. Accad. delle scienze dell'istituto. Rendiconto, 1887-88.
- CATANÈ. Accademia Gioenia di sc. natur. Atti, 1888, 1-8.

- MILAN. Reale istituto lombardo. Rendiconti. Memorie.
 — Soc. italiana di sc. natur. Atti.
 MODÈNE. Soc. dei naturalisti. Annuario. Atti, VII, 1-2; VIII, 1. Rendiconti, III, p. 49-128.
 NAPLES. Station zoologique. Mittheilungen, VIII, 3, 4; IX, 1, 2.
 PISE. Soc. toscana di sc. natur. Atti. Memorie, XI.
 PAVIE. Maggi, Zoja, de Giovanni. Bollettino scientifico, X, 3-4; XI, 1-2.
 PÉROUSE. Accademia medico-chirurgica. Atti e rendiconti, I, 1, 2.
 ROME. Reale accademia dei linnei. Atti, IVb, 1-12; Va, 1-12. Vb, 1-4. Memorie, III, IV.
 — Comitato geologico d'Italia. Bollettino, XIX.
 VENISE. Reale istituto veneto. Atti, V, 10; VI, 1-10; VII, 1, 2.

Portugal.

- LISBONNE. Section des travaux géologiques. Communicações. Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal, II, 2. Flore fossile du Portugal; monographie du genre *Dicranophyllum*.
 PORTO. Sociedad Carlo Ribeiro. Revista, I, 2.

Russie.

- CRACOVIE. Académie des sciences. Comptes-rendus, 1889, 4-6.
 DORPAT. Naturforscher Gesellsch. Archiv. Biolog. Mineralog, IX, 5. Sitzungsberichte, VIII, 3. Schriften.
 — Meteorologische Beobachtungen, 1888, Mai-Dez. Bericht über die Ergebnisse der Beobachtungen an den Regenstationen der kaiserlichen, livlandischen gemeinnützigen und ökonomischen Societät, für das Jahres 1887.
 EKATERINBOURG. Soc. ouralienne d'amat. des sc. nat. Bulletin.
 HELSINGSFORS. Soc. pro fauna et flora fennica. Meddelanden, 14; Acta, III, IV.
 KHARKHOW. Soc. médic. de l'Université. Travaux, 1888.
 KIEW. Soc. des naturalistes. Mémoires, X, 1.
 MOSCOU. Soc. impér. des naturalistes. Bulletin, 1888, 3, 4; 1889, 1. — Nouveaux mémoires. Meteorol. Beobacht., 1889, 2.
 ODESSA. Soc. des naturalistes de la Nouvelle-Russie. Mém., XIII, 2; XIV, 1. Bulletin.
 ST-PÉTERSBOURG. Acad. impér. des sciences. Bulletin.
 — Id. Repertorium für Meteorologie, XI. Supplementband.
 — Observatoire physique central. Annales, 1887, 1.
 — Jardin impérial de botanique, X, 2.
 — Comité géologique. Mémoires, III, 4; V, 2-4; VI, 1, 2; VII, 1, 2; VIII, 1. Bulletins, V, 11, 12; VII, 1-5, suppl., 6-10; VIII, 1-5, suppl. — Carte géologique, feuille.
 — Société impériale russe de géographie. Bulletin, XXIV, 3-6; XXV, 1-3. Procès-verbaux, 1888.

Scandinavie.

- CHRISTIANIA. Université royale de Norvège. Aarsberetning. Forhandling. — Schübeler. Viridarium norvegicum, II, 2.
 — Commission géodésique. Publications.
 STOCKHOLM. Acad. royale des sc. Bulletin. Biographie des membres. (Mémoires) Handlingar. Meteor. Bihang (suppl. aux mém.).
 — Entomologisk Tidskrift. IX, 1-4.
 TROMSØ. Museum. Aarshefter, XI, XII. Aarsberetning, 1888.
 UPSAL. Societas regia scientiarum. Nova acta.

Suisse.

- AARAU. Naturforschende Gesellsch. Mittheilungen.
 BALE. Naturf. Gesellsch. Verhandlungen.
 BERNE. Soc. helvét. des sc. natur. Verhandlungen, 71. Nouveaux mémoires.
 — Conseil fédéral. Mémoire sur la construction du chemin de fer du Gothard.
 — Commission géologique fédérale. Matériaux pour la carte géolog. de la Suisse. Feuille. Livr. 24, 4^e part.
 — Naturforschende Gesellsch. Mittheilungen.
 COIRE. Naturf. Gesellsch. Jahresberichte, XXXII.
 FRAUENFELD. Naturf. Gesellsch. Mittheilungen.
 FRIBOURG. Soc. des sc. natur. Bulletin.
 GENÈVE. Soc. de phys. et d'hist. natur. Mémoires, XXX, 1.
 — Institut national. Bulletin. Mémoires, XVII.
 — Soc. de géographie. Le Globe. Bulletin, XXVIII, 1-2. Mémoires, 1.
 — Société botanique. Bulletin, V.
 LAUSANNE. Club alpin suisse (section des Diablerets). Jahrbuch u. Beilagen.
 — Le Monde de la science et de l'industrie, 1888, 11-12; 1889, 1-9.
 — Soc. géologique suisse. Eclogæ geologicæ helvetiæ, III. Excursion de 1889.
 NEUCHÂTEL. Soc. des sc. naturelles. Bulletin, XVI.
 PORRENTROY. Société jurassienne d'émulation. Actes.
 ST-GALL. Naturf. Gesellsch. Berichte über die Thätigkeit, 1886-87.
 SCHAFFHOUSE. Schweiz. entomologische Gesellsch. Mittheilungen, VIII, 2, 3.
 SION. Soc. murithienne. Bulletin des travaux.
 ZÜRICH. Naturf. Gesellsch. Vierteljahrsschrift.
 — Schweiz. meteor. Beobacht., 1887.

Amérique.

- BOSTON. American acad. of arts and sciences. Proceedings, XV, 1.
 — Natural history society. Mem. Proceedings, XXIII, 3, 4.
 BUFFALO. Society of natural sciences. Bulletin.

- CAMBRIDGE. Mass. Museum of comparative Zoölogy. Bulletin [I, 1-7; III, 3; VI, 2; titres de IX et X]; XVI, 2-5; XVII, 2-4; XVIII. Annual report, 1887-88.
- American association for the advancement of sciences. Proceedings, XXXVII.
 - Entomolog.-club. Psyche.
- CHICAGO. Academy of sciences. Transactions.
- DAVENPORT. Acad. of nat. sc. Proceedings, V, 1.
- JOWA-CITY. Hinrichs, Gust. Jowa weather. Report.
- Laboratories of natural History of the state University. Bulletin, I, 1.
- MADISON. Wisconsin Academy of sc., arts a. letters. Transactions.
- MERIDEN. Conn. Scientific Association. Transactions, III.
- NEW-HAVEN. Connecticut Acad. of arts and sciences. Transactions.
- NEW-YORK. Acad. of sciences. Annals [IX, p. 313 à 406; II, 1, 2, 12; III, Index]; IV, 5-8, 10, 11. Transact [IV].
- American museum of natural history. Bulletin, II, 2. Annual Report, 1888-89.
 - Journal of compar. medecin and Surgery, X, 14.
- PHILADELPHIE. Acad. of natural science. Proceed., 1888, 2-3; 1889, 1.
- American philosophical society. Proceedings, 128, 129. — Supplementary Report of the Committee appointed to consider on international language. — Rules and regulations of the Phillips Prize. — Amended orthograpy. — Subject Register of papers published.
 - Franklin institute. Journal, 755-763, 765-767.
 - Wagner free Institut. Transactions.
- RALEIGH. Elisha Mitchell Scientific Society. Journal, V, 2.
- SALEM, Mass. Essex institute. Bulletin, XIX, 1-12. Guide.
- Peabody Academy of science. Annual Report. Memoirs.
- SAN FRANCISCO. California academy of sciences. Bulletin. Proceedings, I, 1, 2.
- ST-LOUIS. Acad. of science. Transactions, V, 1, 2.
- WASHINGTON. Department of agriculture. Report.
- Smithsonian institution. Annual report, 1886, I.
 - Geological survey. Mineral Resources of the Un. St. 1887. Monographs. Bulletin, 41-47. Ann. Report.
 - American medical association. Transact., Journal, XI, 17-19, 22-26; XII, 1-7, 9, 11, 12, 15-26; XIII, 2-9, 11-18.
 - Bureau of ethnology. Annual Report.
- CORDOBA. Acad. nacional de ciencias de la Republica Argentina. Boletin, XI, 2, 3. Actas.
- MEXICO. Sociedad cientifica Antonio Alzate. Memorias, II, 4-11. Observatorio. Boletin mensual, I, 5-12; suppl., 12, II, 1. Resumen, 1888.
- RIO DE JANEIRO. Museu nacional. Archivos. Observatorio, Revista, IV, 1-9.
- SAN JOSÉ DE COSTA RICA. Museo nacional. Annales, 1887. Instituto meteorologico. Boletin trimestral, 1888, 1-4.
- SANTIAGO. Wissench. Verein. Verhandlungen, II, 1.

II. Dons.

- BRUNNER, H. Analyse chimique qualitative.
- BONAPARTE (prince Roland). Note on the Lapps of Finmark.
 Id. La Nouvelle Guinée, 3^e notice : Le fleuve Augusta; 4^e notice : Le golfe Huon.
- Biblioteca nazionale Vittorio Emanuele. — Bollettino delle opere moderne straniere, III, 4, 5, 6; IV, 1, 2, 3.
- BISHOP, S.-S. A new adjustable lamp-bracket. — Report of the Committee on ophthalmology and otology.
 Id. Annual announcement of systematic courses on diseases of the eye, ear, throat and nose.
- BUGNION, Ed. Description d'un monstre pygomélien (*Dipygus parasiticus*).
- CHAPER et FISCHER, P. De l'adoption d'une langue scientifique internationale, 1888.
- CLARIANA Y RICART. Memorial inaugural leída en la real Academia de Ciencias naturales y Artes de Barcelona, 1888-89.
- Commission géodésique suisse. Le réseau de triangulation suisse, 3^e vol. La mensuration des bases.
 Id. Das Schweizerische Dreiecknetz, IV, 1889.
- COAZ, J. Les ouragans des 20 février, 25 juin et 5 décembre 1879 et leurs ravages dans les forêts de la Suisse. — Der Frostschaden des Winters 1879-80 und des Spätfrostes vom 19/20 Mai 1880 an den Holzgewächsen in der Schweiz. — Der Lawinenschaden im schweizerischen Hochgebirge im Winter und Frühjahr 1887-88. — Der Schneeschaden vom 28/29 September 1885 in den Waldungen der Schweiz.
- CUÉNOD, Aug. Articulation du coude.
- COHEN, H. Die Nächstenliebe im Talmud.
 [Don de M. Dumur, ing.] Die königlich-preussische Landes-Triangulation, VIII. Theil. Regierungsbezirk Breslau, mit 11 Beilagen, 1888.
- VON STERNECK, R. Bestimmung des Einflusses localer Massenattraction auf die Resultate astronomischer Ortsbestimmungen, 1888. — Untersuchungen über den Einfluss der Schwerestörungen auf die Ergebnisse des Nivellement, 1888.
 Königl.-preuss.-geodät. Institut : Das Märkisch-Thüringische Dreiecksnetz, 1889. — Astronomische-geodätischen Arbeiten; I. Ordnung, 1889. — Precisions-Nivellement der Elbe, 3. Mitth., 1887. — Jahresbericht des Direktors, Apr. 1887; April 1888. — Gradmessungs-Nivellement zwischen Anclam und Cuxhaven, 1888. — Gewichtsbestimmungen für Seitenverhältnisse in schematischen Dreiecksnetzen, 1889. — Polhöhenbestimmungen aus dem Jahre 1886.
- Association géodésique internationale : Bibliographie géodésique, 1889. — Comptes-rendus. Supplément : Rapport sur les triangulations. — Comptes rendus de la huitième conférence générale à Berlin, 1886, 1887. — Comptes-rendus des séances de Nice, 1887, 1888.

Werken van de Nederlandsche Rijksc commissie voor graadmeting en waterpassing. Associazione geodetica internazionale. Relazione sulle esperienze per determinare la lunghezza del pendolo semplice a secondi, 1888. — Istituto geografico militare. Triangolazione di 1° ordine dell' isole di Sardegna, I, 1886. — Westphal, A. Basisapparate und Basismessungen, II. — von Bauerfeind. Das Bayerische Präcisions-Nivellement, 1888. — K. k. militär.-geograph. Institut. Mittheilungen VIII, 1888. — Helmert. Bericht über die Versammlungen der Permanente Commission der Internationalen Erdmessung zu Salzburg, 1888.

FAVRE, E., et SCHARDT, H. Revue géologique suisse pour l'année 1888.

FOL, H. Recueil zoologique suisse, V, 1.

FORDHAM, H.-G. The meteorite of the 20 nov. 1887.

FORDHAM a. SYMONS, G.-J. On the detonating bolide.

(Don de M. Fordham.) British museum. An introduction to the study of meteorites, 1887. — Report of the Committee reappointed at Manchester for the purpose of preparing a further Report upon the provincial museums of the United Kingdom.

(Don de M^{lle} Fraisse.) DE SAUSSURE, H.-B. Voyages dans les Alpes 4 vol in-4, pl.

GOPPELSRÖDER, F. Ueber Capillar-Analyse und ihre verschiedenen Anwendungen sowie über Emporsteigen der Farbstoffe in den Pflanzen, 1889. — Beilagen zu der ueber Capillar-analyse. — Farbelectrochemische Mittheilungen, 1889.

(Don de M. Forel.) Informe presentado al supremo gobierno de Costa Rica sobre los fenomenos séismicos y volcanicos ocurridos en la meseta central en diciembre 1888, par H. Pittier.

HAGENBACH-BISCHOFF. Johannes Bernouilli und der Begriff der Energie. — Erdbeben des 30. Mai 1889.

HAGENBACH-BISCHOFF et FOREL, F.-A. Die Temperatur des Eises im Innern des Gletschers.

HENRY, J. Ceneidea, or vertical, exegetical and oesthetical remarks of the Aeneis, III, 1-3; 1881-89.

LANG, F. Geologische Skizze der Umgebung von Solothurn, 1863. — Eröffnungsrede bei der 71. Jahresversammlung der Schweiz. naturf. Gesellsch. in Solothurn, 6 Aug. 1888. — Die Einsiedelei und die Steinbrücke bei Solothurn, 1888. — Armanz Gressly. Lebensbild eines Naturforschers, 1873.

LÆWENBERG. Etudes thérapeutiques et bactériologiques sur le furoncle de l'oreille.

LÆWENTHAL, N. Ueber die Rückbildung der Eizellen und das Vorkommen von Leukocyten im Keimepithel und in den Eischläuchen. — Die Spermatogenese bei Oxyuris ambigua.

MARSHALL-HALL. Swiss geological Excursion. — On Rocks from the Saas-Thal and Geneva.

PLATEAU, Fél. Recherches expérimentales sur la vision chez les Arthropodes, 4^e partie : Vision à l'aide des yeux composés; 5^e partie : a) Perception des mouvements chez les insectes; b) Additions aux recherches sur le vol des insectes aveugles; c) Résumé général.

PRUDHOMME DE BORRE. Répertoire alphabétique des noms spécifiques admis ou proposés dans la sous-famille des Libellulines.

RENEVIER, E. Congrès géologique international de Londres, 1888.

(Don de M. Renévier.) Le Naturaliste, Nos du 15 déc. 1887 et du 1^{er} nov. 1888.

Notice sur les cartes, documents et objets exposés au grand concours international de Bruxelles, en 1888.

DE PUYOT et LOHEST. L'homme contemporain du mammoth, à Spy.

Bulletin des travaux de l'Université de Lyon, 1^{re} ann., 2, 4; II, 1. International geological Congress 1885. Reports of sub-committees on classification and nomenclature.

International geological Congress 1888. Reports of the british sub-committees on classification and nomenclature.

GILBERT, G.-K. Changes of Level of the Great-Lakes. — Special processes of Research. — The sufficiency of terrestrial rotation for the deflections of streams.

Congrès géologique international, 1888. Commission pour l'uniformité de la nomenclature.

NIKITIN, S. Recherches géologiques le long de la ligne du chemin de fer de Samara-Oufa.

LUNDGREEN, B. Öfversigt af Sveriges mesozoiska bildningar. NIKITIN et OSSOSKOW. La région transvolgienne de la feuille 92 de la carte géologique de la Russie.

BERGERON, J. Etude géologique de la partie S.-O. de la Montagne noire. — Etude géologique du bassin houiller de Carmaux.

HOWELACQUE, M. Caractères anatomiques généraux de la tige des Bignoniacées. — Structure et organogénie des feuilles souterraines écailleuses des Lathræa.

FÉLIX, J. Ueber einen Besuch des Jorullo in Mexico.

Mineralius Vorkommnisse des Excursions-gebietes, 1887.

BERTRAND, M. Sur les relations des phénomènes éruptifs avec la formation des montagnes et sur les lois de leur distribution. — Les plis couchés et les renversements de la Provence.

SEELEY, H.-G. On the nature and limits of reptilian character in mammalian teeth.

Researches on the structure, organisation and classification of the fossil Reptilia. VI, On the anomodont Reptilia.

MARCOU, J. Palæontologic and stratigraphic principles of the adversaries of the Taconic. — Sur les cartes géologiques à l'occasion du Mapoteca geologica americana.

GOSSELET, J. Poudingue des carrières de Bachant. — Sur la présence du coticule dans le poudingue de Salm le château et de la biotite dans les schistes qui accompagnent l'arkose. — Leçons sur les nappes aquifères du N. de la France.

HAAS, H.-G. Studien über die Entstehung der Föhrden (Buchten) and der ostküste Schleswig-Holstein.

LORY. Coup d'œil sur la structure géologique des massifs primitifs du Dauphiné.

VAN DEN BRÖECK et RUTOT, A. Un nouvel appareil portatif de

- sondage pour reconnaissance rapide du terrain. — 2^e note sur la reconnaissance géologique et hydrologique des emplacements des forts de la Meuse.
- FORNASINI. Di alcuni foraminiferi provenienti dalla spiaggia di Civitavecchia.
- KATZER, F. Ueber die Verwitterung der Kalksteine der Barand'schen Etage, Ff., 2.
- SACCO, F. Il cono de deiezione della stura di Lanzo.
- MC GEE, W.-J. Three formations of the middle Atlantic Slopes. — The Columbia formation.
- BLAKE, J.-F. Esquisse de la géologie des roches anciennes de l'île d'Anglesey et du N.-O. du Carnavonshire.
- NIKITIN, S. Notes sur les dépôts jurassiques des environs de Sysran et de Saratow.
- SINTZAW, J. Carte géologique générale de la Russie, feuille 92.
- JACQUOT et LÉVY. Sur une nouvelle carte géologique de la France au millionième.
- DE MARGERIE. Les progrès de la géologie.
- COLLOT. Compte-rendu de l'excursion au Port-des-Barques, à l'île Madame et à Piédement.
- NEVIUS. Modelle zur Lehre von den confokalen Flächen zweiten Grades.
- DUPARC. Pisolites des sources de Hamman Meskoutine.
- LE ROYER, Al. Notices cristallographiques.
- Darwin memorial Fund. Report of the Committee.
- DUPARC et LE ROYER. Essais sur les diaclasses produites par la torsion.
- Cours de géologie de Cordier (manuscrit par J. Delaharpe).
- COTTEAU. La géologie au congrès du Havre.
- Extraits de l'Annuaire géologique international, IV, 1888 :
Peron. Algérie et Tunisie. — Fallot, E. Groupe tertiaire. — Kilian. Système crétacé. — Haug. Système triasique. — Haug. Allemagne. — Haug. Mollusques céphalopodes. — Carcz. France. — Carez. Iles britanniques.
- Sur la découverte à Iselle-lez-Bruxelles d'un ossuaire de mammifères antérieur au diluvium.
- Die Verbreitung des Kropfes im Kanton Bern, 1883-1884.
- HAUG. Sur la géologie des chaînes subalpines comprises entre Gap et Digne.
- Exposition universelle de 1889. Congrès international de zoologie. — Id. de l'enseignement supérieur et de l'enseignement secondaire.
- COTTEAU. Réunion de la Société helvétique, à Soleure. — Sur deux échinodermes fossiles provenant de Thersakan (Turkestan).
- COHEN, E. Ueber der Granat der südafrikanischen Diamantfelder über den Chromgehalt der Pyrope.
- DUFOUR, H. Nouvel hygromètre à condensation.
- PAUL, C.-M. Bemerkungen zur neueren Literatur über die Westgalizischen Karpathen.
- BERGERON, J. Réponse au Dr Frech de Halle (sur les formations paléozoïques de Cabrières).
- CHAPER. Note sur les prétendus combustihles minéraux du territoire d'Obokh.

- BERGERON, J., et MUNIER-CHABNAS. Sur la présence de la faune primordiale dans les environs de Ferrals-les-Montagnes (Hérault).
- DELGADO. Relatorio acerca da quarta sessas do Congresso geologigo internacional realisada em Londres, 1888.
- KEILHACK. Geologische Mittheilungen aus dem südlichen Fläming.
- MC GREE. Classification of geographic forms by genesis. — Paleolithic man in America, his antiquity and environment. Some definitions in dynamical Geology. — Notes on the geology of Macon County, Missouri.
- BOMBICI, Luigi. Sul giacimento e sul tipo litologico della roccia oligoclasite di monte Cavaloro.
- PRESTWICH, J. On the occurrence of palæolithic flint Implements in the neighbourhood of Ightham (Kent); their distribution and probable age.
- Musées d'histoire naturelle de Lausanne. Rapports annuels de leurs conservateurs, 1888.
- Twenty-third annual Report of the Museums and lecture rooms syndicale Cambridge, univ.
- FERRI. Il clima di Lugano, 1864-1888.
- LENTICCHIA. Catalogo delle collezioni esistenti nel gabinetto di storia naturale del liceo cantonale, in Lugano.
- DOLLFUSS, Ad. L'histoire naturelle à l'exposition universelle.
- TIFFANY, a. Co. Catalogue of a collection of precious and ornamental stones of North America, exhibited at the Paris exposition.
- MOURLON. Sur le gisement des silex attribués à l'homme tertiaire.
- Pancif Josif, par J.-M. Zujovic.
- WINKLER, T.-G. Catalogue des collections géognostico-minéralogiques du musée Teyler.
- STRUCKMANN. Ueber die ältesten Spuren des Menschen in nördlichen Deutschland.
- CURCHOD, Alf. Recherches sur la tétrachloracétone symétrique.
- RECLUS, Elisée. Nouvelle géographie universelle, XIV. Océan et terres océaniques, 1889.
- Don de M. Reclus.* RECLUS, Elie. L'Australie : la terre, la flore, la faune et l'homme.
- VERGARA. El archipelago de San Andres.
- Mathematische und naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn; V, 1886-87.
- Revue scientifique des femmes, N° 4.
- ST-LAGER. Histoire des herbiers. — Recherches sur les anciens herbaria. — Vicissitudes onomastiques de la globulaire vulgaire.
- SIEGER, R. Neue Beiträge zur Statistik der Seespiegelschwankungen.
- SORET, J.-L. Sur quelques-unes des illusions que produisent le dessin et la peinture artistique.
- Id. Influence des surfaces d'eau sur la polarisation atmosphérique.

SORET, J.-L. Influence des surfaces d'eau sur la polarisation atmosphérique de deux points neutres à droite et à gauche du soleil.

Id. Lorgnette goniométrique.

Id. Nouvelles observations sur la transparence de l'air précédant les chutes de pluie.

SORET, J.-L., et SORET, Ch. Observations du point neutre de Brewster.

SORET, J.-L., et SARASIN, E. Sur l'indice de réfraction de l'eau de mer.

STEENSTRUP, Jop. Mammuthjäger-Stationen ved Predmost i det Østerrigste Kronland Mähren, 1888.

SUCHETET, A. La question du léporide.

Id. Note sur les hybrides des Anatidés.

Id. L'hybridité dans la nature. Règne animal.

TAIT A. CRUM BROWN. The scientific papers of the late Thomas Andrews.

WEBER, E.-F. Notes sur quelques rotateurs des environs de Genève.

WOLF, R. Astronomische Mittheilungen, LXXII, LXXIII.

Abonnements.

Voir la liste du vol. XXIV.



TABLE DES MÉMOIRES

DU VOLUME XXV

| | Pages |
|---|-------|
| RENEVIER. — Philippe de la Harpe, sa vie et ses travaux scientifiques | 1 |
| L. GAUTHIER. — Observations pluviométriques, vallée de Joux, 1888
(Pl. I, II et III) | 17 |
| E. CHUARD & J. DUFOUR. — Influence des sulfatages de la vigne sur
la qualité de la récolte | 38 |
| H. DUFOUR. — Une forme rare d'arc-en-ciel (Pl. IV) | 46 |
| L. FAVRAT. — Note sur quatre hybrides nouveaux, etc. | 50 |
| H. DUFOUR. — Note sur un appareil pour la mesure de l'évaporation
(Pl. V) | 56 |
| W. BARBEY. — Diagnose du <i>Cephalaria salicifolia</i> | 59 |
| A. GÉTAZ. — Notes aranéologiques sur le Pays-d'Enhaut | 60 |
| E. CHUARD. — Rapport annuel sur la marche de la Société | 65 |
| L. PELET. — Résumé des comptes pour 1888 | 73 |
| L. Favrat. — Floraison d'un certain nombre de plantes en décembre
1888 et janvier 1889 | 75 |
| H. SCHARDT. — Etude de quelques dépôts quaternaires fossilifères
(Pl. VI et VII) | 79 |
| H. DUFOUR. — Observations météorologiques du Champ-de-l'Air
en 1888 | 99 |
| H. AMSTEIN. — Fonctions abéliennes du genre 3 (Suite) | 133 |
| H. DE BLONAY. — Sur une nouvelle méthode forestière dite du contrôle | 166 |
| A.-A. ODIN. — De la répartition de l'impôt progressif. (Pl. VIII) | 181 |
| L. FAVRAT. — Note sur quelques plantes trouvées en 1889 et sur
l'étang de Sauvabelin | 216 |
| CH. DUFOUR. — Le cyclone du 3 juillet 1889 dans les forêts de Jougne
(Pl. IX) | 219 |
| L. FAVRAT. — Notice sur Philippe-Jacques Muller | 224 |
| L. PELET. — Résumé des comptes pour 1889 | 229 |
| Rapport de la commission de vérification des comptes pour 1888 | 231 |



3 6105 015 079 937

[illegible]

STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES
STANFORD, CALIFORNIA 94305-6004

